

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE  
Faculté des sciences de l'activité physique

Effets d'une diète hypocalorique contrôlée en protéines lors d'un programme de perte de poids combiné ou non à un entraînement musculaire sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires

par

Audrey Therriault

Mémoire présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique

En vue de l'obtention du grade de

Maître (ès) Sciences (M.Sc.)

Maîtrise en sciences de l'activité physique

Août 2015

©Audrey Therriault

**UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE**  
Faculté des sciences de l'activité physique

Effets d'une diète hypocalorique contrôlée en protéines lors d'un programme de perte de poids combiné ou non à un entraînement musculaire sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires

Audrey Therriault, B.Sc. Nutrition

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Éléonore Riesco, Ph.D

Présidente du jury

Martin Brochu, Ph.D

Directeur de recherche

Isabelle J. Dionne, Ph.D

Co-directrice de recherche

Vicky Drapeau, Ph.D

Membre externe du jury

Mémoire accepté le 18 août 2015

## TABLE DES MATIÈRES

ABRÉVIATIONS .....	v
SOMMAIRE .....	1
REMERCIEMENTS .....	5
CHAPITRE 1 – PROBLÉMATIQUE .....	7
1. OBÉSITÉ .....	7
1.1 Définition.....	7
1.2 Classification de l’obésité.....	7
1.2.1 Indice de masse corporelle (IMC) .....	8
1.2.2 Tour de taille.....	10
1.2.3 Pourcentage de gras corporel.....	10
1.3 La ménopause.....	11
1.3.1 Effets de la ménopause sur la composition corporelle .....	11
1.3.2 Effets de la ménopause sur la distribution du tissu adipeux .....	12
1.3.3 Effets de la ménopause et du vieillissement sur la masse musculaire .....	13
1.4 Étiologie de l’obésité.....	15
1.4.1 Équilibre et déséquilibre énergétiques.....	15
1.4.1.1 Recommandations alimentaires chez les personnes âgées .....	16
1.4.1.2 Apport énergétique .....	18
1.4.1.3 Dépense énergétique .....	20
1.4.1.3.1 Métabolisme de base.....	20
1.4.1.3.2 Activité physique .....	20
1.4.1.3.3 Effet thermique des aliments .....	21
1.4.1.3.4 Thermogénèse adaptative .....	22

1.4.2 Diète hypocalorique .....	22
1.5 Protéines .....	23
1.5.1 Rôles des protéines .....	24
1.5.2 Dégradation et synthèse des protéines .....	25
1.5.3 Acides aminés essentiels et non-essentiels .....	26
1.5.4 Protéines alimentaires .....	26
1.5.5 Protéines animales et protéines végétales.....	27
1.5.6 Exercices musculaires et synthèse protéique du muscle.....	28
2. DIÈTES HYPOCALORIQUES ET COMPOSITION CORPORELLE .....	29
2.1 Diètes hypocaloriques et poids corporel .....	30
2.2 Diètes hypocaloriques et masse grasse.....	32
2.3 Diètes hypocaloriques et masse maigre.....	33
3. DIÈTES HYPOCALORIQUES, EXERCICES EN RÉSISTANCE ET COMPOSITION CORPORELLE.....	35
3.1 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et poids corporel .....	35
3.2 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et masse grasse.....	37
3.3 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et masse maigre.....	38
4. PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE.....	40
5. OBJECTIFS DE RECHERCHE .....	41
CHAPITRE 2-MÉTHODES ET RÉSULTATS .....	42
CHAPITRE 3 – DISCUSSION ET PERSPECTIVES D’AVENIR .....	75
PERSPECTIVES D’AVENIR .....	79
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	81
ANNEXE .....	95
Annexe A. Études sur les diètes hypocaloriques contrôlées en protéines lors d’un programme de perte de poids sans ER sur la composition corporelle. ....	95
Annexe B. Études sur les diètes hypocaloriques contrôlées en protéines lors d’un programme de perte de poids combinées à un ER ou autre sur la composition corporelle.....	98

## ABRÉVIATIONS

ER : entraînement en résistance

FG : faible en glucides

FP : faible en protéines

IMC : indice de masse corporelle

IMG totale : indice de masse grasse totale

IMM : indice de masse maigre

Lb : livre

MG : masse grasse

MM : masse maigre

RC : restriction calorique

RC+RP : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale

RC+RP+ER : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale + entraînement en résistance

RP : riche en protéines

kcal : kilocalories

kg : kilogramme

## SOMMAIRE

La proportion de personnes obèses ou ayant un surpoids augmente au Canada et partout ailleurs dans le monde (Statistique Canada, 2004). Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont démontré l'impact négatif de l'accumulation excessive de tissu adipeux et de ses effets néfastes pour la santé (Field et al., 2001; Matsuzawa et al., 1995). Notre siècle se révèle un tournant majeur où l'apparition de problèmes reliés au surpoids éclosent chez des populations qui, jusqu'à maintenant, connaissaient plutôt les problèmes de sous-nutrition (Popkin, 2001; Prentice, 2006). Des données de l'Organisation mondiale de la santé révèlent que « 65 % de la population mondiale habitent dans des pays où le surpoids et l'obésité tuent plus de gens que l'insuffisance pondérale » (OMS, 2012).

Selon un communiqué publié en mai 2012, par l'Organisation mondiale de la santé, 2,8 millions de personnes décèdent dans le monde chaque année en raison de problèmes en lien avec leur surpoids ou leur obésité (OMS, 2012). Toujours selon l'Organisation mondiale de la santé, les deux principaux facteurs de risque de maladies non transmissibles seraient une mauvaise alimentation et le manque d'exercice physique (OMS, 2012).

L'obésité et l'embonpoint sont en croissance constante dans plusieurs pays du monde, et le Canada n'y fait pas exception (Santé Canada, 2006). Au niveau mondial, l'obésité a doublée depuis 1980 (OMS, 2012). Les données de Statistique Canada révèlent que la prévalence de l'obésité était de 24,3 % chez les hommes et 23,9 % chez les femmes entre 2007 et 2009. Plus de 53 % des femmes âgées de plus de 18 ans avaient un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 25 kg/m<sup>2</sup> au Canada en 2004 (Statistique Canada, 2004). Ces données sont d'autant plus inquiétantes sachant que les femmes vivront une augmentation de poids à la suite de leur ménopause, et que l'incidence de l'aggravation des problèmes de santé sont marquées à la suite de

cette étape de la vie chez les femmes (Douchi et al., 2007; Franklin, Ploutz-Snyder, & Kanaley, 2009; Senechal et al., 2010).

Pour plusieurs, la solution au traitement de l'obésité réside dans les diètes hypocaloriques. Par contre, ce genre de traitement n'est pas préconisé chez les personnes vieillissantes puisqu'il entraîne une perte de masse maigre (MM) en plus de la perte de masse grasse (MG) (Krieger, Sitren, Daniels, & Langkamp-Henken, 2006a), ce qui peut augmenter le risque de sarcopénie (Johannsen et al., 2008; Rising et al., 1994; Rousset, Patureau Mirand, Brandolini, Martin, & Boirie, 2003). De plus, le choix d'une diète avec un apport insuffisant en protéines peut engendrer une perte considérable de la MM (Krieger et al., 2006a). Cette perte de MM peut avoir des conséquences très néfastes chez les personnes vieillissantes. Le maintien de la MM, lors d'une intervention de perte de poids volontaire, est donc un objectif souhaitable chez les personnes vieillissantes désirant perdre du poids (Krieger, Sitren, Daniels, & Langkamp-Henken, 2006b). En plus d'une diète riche en protéines, la combinaison de la pratique d'exercices en résistance augmenterait le maintien de la MM chez la personne âgée (Layman et al., 2005; Wycherley et al., 2010).

Pour le présent mémoire, nous avons étudié quatorze femmes ménopausées et obèses ( $65,1 \pm 2,8$  ans;  $\text{IMC } 31,9 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$ ). Ces dernières ont été distribuées aléatoirement dans deux groupes pour 16 semaines [1 : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale (RC+RP) et 2 : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale + entraînement en résistance (RC+RP+ER)]. Les variables d'intérêt étaient la MG totale et la MM totale. Ces mesures ont été obtenues avec l'aide de la méthode par absorptiométrie biphotonique à rayon X ou «DXA». Les apports alimentaires en kilocalories, en protéines, en glucides et en lipides ont été obtenus par l'analyse des journaux alimentaires de 3 jours.

Le test U de Mann Whitney a été exécuté afin de comparer les moyennes de la composition corporelle entre les deux groupes. Ce test n'a pas indiqué de différence significative pour le poids, l'IMC, le % MG, la MG totale, l'indice de MG totale

(IMG totale), la MM et l'indice de MM (IMM) totale au début de l'étude. Les analyses de Wilcoxon ont révélé une diminution significative du poids, de l'IMC, de la MG, du % de MG et de l'IMG pour les deux groupes confondus, ainsi que pour chacun des groupes séparément ( $P < 0,05$ ). Aucun changement significatif n'a été observé pour la MM et l'IMM après l'intervention pour les deux groupes confondus, ainsi que pour les deux groupes analysés de façon individuelle. De plus, la comparaison des mesures corporelles entre les deux groupes ne s'est pas révélée significative, sauf pour la perte de poids relative. Pour les apports alimentaires, le test du U de Mann Whitney n'a permis de trouver aucune différence significative entre les deux groupes pour la consommation moyenne quotidienne de kilocalories, de protéines, de glucides et de matières grasses avant et après l'intervention. Malgré la restriction calorique (RC), la consommation en grammes de protéines n'était pas significativement différente entre le début et la fin de l'intervention pour chaque groupe et pour les groupes confondus.

En conclusion, nos données démontrent qu'une diète riche en protéines comprenant de 1,27 g/kg par jour de protéines (contenant un minimum de 25 grammes de protéines d'origine animale), a un impact positif sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires. Par contre l'addition d'un programme d'exercices en résistance (ER) n'a pas d'effet additif sur la composition corporelle, sauf pour les changements du % MG.



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classification du risque pour la santé en fonction de l'indice de masse corporelle (IMC) .....	9
Tableau 2. Classification du tour de taille selon le risque pour la santé .....	10
Tableau 3. Nombre de portions recommandées quotidiennement par le Guide alimentaire canadien pour les adultes .....	17
Tableau 4. Effet thermique des aliments .....	22

## REMERCEMENTS

Dans un premier temps, je tiens à remercier toutes les participantes du projet SOMET pilote. J'aimerais souligner votre dévouement à poursuivre le programme d'intervention jour après jour. Sans votre implication, cette recherche n'aurait pu avoir lieu.

J'aimerais aussi adresser mes remerciements à mon directeur de recherche, le Pr Martin Brochu, qui m'a offert l'opportunité de participer à ce projet et qui m'a aussi guidé tout au long de ma maîtrise. Merci à la Pre Isabelle J. Dionne d'avoir accepté d'être ma co-directrice et à la Pre Vicky Drapeau d'avoir accepté d'être mon évaluatrice externe. Vos commentaires et questions m'ont permis de mieux cerner certains aspects essentiels et d'avancer dans la bonne direction. J'aimerais aussi remercier la Pre Éléonore Riesco de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury et d'avoir contribué également à l'avancement de ma maîtrise.

L'univers de la recherche est grand, complexe et rempli de gens passionnés. Parmi ces gens, j'aimerais remercier le personnel du Centre de recherche sur le vieillissement et tous les collègues étudiants que j'ai eu la chance de rencontrer lors de ce parcours à l'Université de Sherbrooke. Votre présence et votre soutien tout au long de ma maîtrise ont été des plus précieux. Un merci spécial à Karine Perreault qui, au moment de mon entrée au Centre de recherche, m'a guidée dans un monde qui m'était encore inconnu. Sa passion m'a donné le goût d'être rigoureuse à mon tour. Merci également à Martine Fisch, infirmière de recherche. En tant que figure maternelle, la place que tu occupes dans le cœur des étudiants du Centre de recherche fait une différence dans le parcours tumultueux des études supérieures. Merci aussi à Mélisa Audet et à Katherine Boisvert-Vigneault pour votre soutien et vos bons conseils lors de la rédaction de mon mémoire.

Finalement, je tiens à remercier aussi tous ces gens sur mon chemin qui ont influencé favorablement la poursuite de mes études vers une maîtrise. Merci à mes

chers parents et mes deux sœurs pour leur amour et leur soutien tout au long de mon parcours académique. Merci à ma belle-famille pour vos encouragements du dimanche et votre soutien infini. Enfin, le dernier merci, et non le moindre, est dirigé vers mon merveilleux amour, David-Bruno Perron. Merci d'être aussi intéressé et motivé à toujours vouloir en apprendre davantage dans mon domaine. Tu as été, tout au long de cette maîtrise, d'un support exemplaire avec tes encouragements et tes bons mots.

## CHAPITRE 1 – PROBLÉMATIQUE

### 1. OBÉSITÉ

#### 1.1 Définition

L'Organisation mondiale de la santé définit l'obésité comme étant « *une accumulation excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé* » (OMS, 2012) et le surpoids comme un IMC égal ou supérieur à 25 kg/m<sup>2</sup> et l'obésité comme un IMC  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> (OMS, 2013).

#### 1.2 Classification de l'obésité

On peut classer l'obésité à l'aide de plusieurs méthodes. L'IMC, le tour de taille et le pourcentage de gras corporel sont les méthodes de mesure les plus utilisées pour permettre la classification de l'embonpoint et de l'obésité. De façon générale, la distribution du tissu adipeux est différente d'une personne à l'autre, compte tenu que plusieurs facteurs peuvent avoir un impact (Shuster, Patlas, Pinthus, & Mourtzakis, 2012). Parmi ceux-ci, on retrouve le sexe, l'âge, la race, le groupe ethnique, le génotype, la diète, l'activité physique, le niveau endogène d'hormone androgène et enfin certaines médications (An et al., 2000; Elbers et al., 2003; Evans et al., 2001; Gapstur et al., 2002; Kanaley et al., 2001; Khaw & Barrett-Connor, 1992; Kyle et al., 2001; Pasquali et al., 1991; Ramos de Marins, Varnier Almeida, Pereira, & Barros, 2001; Wu et al., 2001). La distribution corporelle de la MG est un facteur important au niveau du risque de développer certains problèmes métaboliques comme le syndrome métabolique, les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (Lewis, Carpentier, Adeli, & Giacca, 2002; Must et al., 1999; Ravussin & Smith, 2002).

La distribution du tissu adipeux peut être catégorisée selon une silhouette de type « androïde » ou « gynoïde » (Whitney & Rolfes, 2008). La forme « androïde » est la forme de silhouette retrouvée majoritairement chez les hommes (Dagenais et al., 2005). Elle est associée à une accumulation anormalement élevée de tissu adipeux

au niveau du tronc et de la région abdominale. La « forme gynoïde » réfère quant à elle à une accumulation de tissu adipeux majoritairement au niveau de la région glutéo-fémorale. Ce profil de distribution de la graisse est généralement observé chez les femmes (Blouin, Boivin, & Tchernof, 2008).

L'obésité abdominale est reconnue comme étant la forme la plus néfaste pour la santé. Elle est reliée à une augmentation importante du risque de présenter des désordres métaboliques, comme la résistance à l'insuline, des dyslipidémies et une augmentation des marqueurs inflammatoires (Blouin et al., 2008; Despres et al., 1990; Juhan-Vague, Morange, & Alessi, 2002; Lemieux et al., 2001). Sa présence est également associée à une augmentation du risque de certains types de cancers, tels que le cancer du côlon, de la prostate et du sein (Oh et al., 2008; Schapira et al., 1994; von Hafe, Pina, Perez, Tavares, & Barros, 2004). Chez une personne avec un IMC normal, mais avec un niveau d'adiposité important dans la région de l'abdomen, cette dernière sera davantage à risque de problèmes de santé (Lee & Nieman, 2010; Whitney & Rolfes, 2008).

### ***1.2.1 Indice de masse corporelle (IMC)***

L'IMC est l'outil le plus fréquemment utilisé afin de classifier l'obésité (Kvist, Chowdhury, Grangard, Tylen, & Sjostrom, 1988). Le calcul de l'IMC résulte de la division du poids corporel en kg par la taille en mètre au carré. Il s'agit simplement de corriger le poids en fonction de la grandeur de l'individu (Flegal, Carroll, Ogden, & Johnson, 2002). Les seuils d'obésité selon l'IMC ont été proposés par un comité d'experts de l'Organisation mondiale de la santé en 1998 ("Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation," 2000). Ces seuils sont encore, de nos jours, acceptés et s'appliquent aux hommes et aux femmes âgés de 18 ans et plus.

**Tableau 1.** Classification du risque pour la santé en fonction de l'indice de masse corporelle (IMC)

Classification	Catégorie de l'IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Risque de développer des problèmes de santé
Poids insuffisant	< 18,5	Accru
Poids normal	18,5 - 24,9	Moindre
Excès de poids	25,0 - 29,9	Accru
Obésité, classe I	30,0 - 34,9	Élevé
Obésité, classe II	35,0 - 39,9	Très élevé
Obésité, classe III	≥ 40,0	Extrêmement élevé

Tiré de : *Santé Canada*. Lignes directrices canadiennes pour la classification du poids chez les adultes. Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux du Canada, 2003 (Canada, 2012a).

Le rapport de consultation sur l'obésité de l'Organisation mondiale de la santé de 2003, indique l'utilisation possible de l'IMC pour estimer la prévalence du surpoids et de l'obésité dans une population et les risques qui y sont associés (Organisation mondiale de la santé, 2003). Cet outil permet également d'établir des comparaisons significatives du poids au sein d'une population et entre des populations. Enfin, l'IMC permet d'identifier les sujets et les groupes à risque accru de morbidité ou de mortalité (Organisation mondiale de la santé, 2003).

Malgré l'utilisation importante de l'IMC, ce dernier ne permet pas de faire la distinction entre la MM et la MG (Shuster et al., 2012). Certains cas particuliers, comme les culturistes, présentent un poids plus élevé vu leur MM très importante (Witt & Bush, 2005). Ces cas particuliers présentent un IMC ne faisant pas partie de la catégorie « poids santé » et seront classifiés à tort comme étant en surpoids ou obèse (Lee & Nieman, 2010).

### 1.2.2 Tour de taille

La mesure du tour de taille est un outil pouvant permettre d'identifier le risque relié à l'adiposité abdominale. Son utilisation clinique en combinaison avec l'IMC est un meilleur indicateur de la MG totale (Caterson & Gill, 2002; Wang, Rimm, Stampfer, Willett, & Hu, 2005). Son utilisation conjointement avec l'IMC permet donc de mieux identifier les gens à risque de problèmes de santé liés à l'obésité (Janssen, Katzmarzyk, & Ross, 2004). Selon la Fédération internationale du diabète (2005), les nouveaux seuils de facteurs risques pour le tour de taille sont de  $\geq 94$  cm pour les hommes et de  $\geq 80$  cm pour les femmes. Santé Canada quant à elle utilise les valeurs de l'OMS, ces valeurs de référence pour classifier le tour de taille se retrouvent dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2. Classification du tour de taille selon le risque pour la santé**

Seuils du tour de taille	Risque de développer des problèmes de santé*
Hommes $\geq 102$ cm (40 po)	Accru
Femmes $\geq 88$ cm (35 po)	

\*Risque de diabète de type 2, de maladies coronariennes et d'hypertension

Adapté à partir de : OMS (2000) *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic: Report of a WHO Consultation on Obesity*.

### 1.2.3 Pourcentage de gras corporel

Largement utilisé par les professionnels de la santé, l'IMC et le tour de taille sont deux méthodes efficaces et peu onéreuses pour déterminer les risques pour la santé (Bray, 2004). Cependant, le corps est constitué de plusieurs tissus (MG, MM, masse osseuse et eau). Une méthode permettant de quantifier les différents tissus corporels est davantage intéressante que la simple mesure du poids corporel ou de l'IMC. La quantification des différents constituants de la composition corporelle est

donc une méthode plus précise pour déterminer le risque de maladies reliées à l'obésité (Ehrman & American College of Sports Medicine., 2010).

La mesure indirecte du pourcentage de MG peut être faite à l'aide de différentes méthodes. Parmi celles-ci, on retrouve la pléthysmographie par déplacement d'air, le DXA (Dual-energy X-Ray), la pesée hydrostatique, la mesure des plis cutanés et l'impédance bioélectrique (Ehrman & American College of Sports Medicine., 2010).

### **1.3 La ménopause**

La femme subit plusieurs changements physiologiques au cours de sa vie. Vers l'âge de 30 ans, elle compte environ 100 000 ovocytes dans ses ovaires. Ce nombre descend progressivement jusqu'à quelques-uns vers la cinquantaine (Marieb, 2005). La production d'œstrogènes diminue chez la femme vieillissante entraînant des cycles menstruels produisant 2 à 4 ovules et enfin des cycles anovulatoires. Le cycle menstruel de la femme devient alors irrégulier et la durée des menstruations est écourtée. L'ovulation et les menstruations finissent par cesser définitivement. La ménopause est définie suite à une période d'aménorrhée de 12 mois. La déplétion des ovules folliculaires entraîne une hypo-estrogénémie et une concentration élevée de l'hormone folliculo-stimulante (Taffe & Dennerstein, 2002). La sécrétion d'œstrogènes se poursuit pendant un certain temps après la ménopause, mais progressivement, les ovaires arrêtent de remplir leur rôle de glandes endocrines (Marieb, 2005).

#### ***1.3.1 Effets de la ménopause sur la composition corporelle***

La ménopause se caractérise par plusieurs changements hormonaux, lesquels sont associés à une prise pondérale moyenne de 0,42 kg par année (Kuller, Simkin-Silverman, Wing, Meilahn, & Ives, 2001; Wing, Matthews, Kuller, Meilahn, & Plantinga, 1991). De plus, cette prise pondérale est liée à une redistribution adipeuse



d'avantage ciblée au niveau de l'abdomen (Ley, Lees, & Stevenson, 1992; Panotopoulos, Ruiz, Raison, Guy-Grand, & Basdevant, 1996; Svendsen, Hassager, & Christiansen, 1995b; Tremollieres, Pouilles, & Ribot, 1996). Globalement, on observe une augmentation de la MG dans la région abdominale (Douchi et al., 2007; Franklin et al., 2009; Senechal et al., 2010) et une diminution de la MM (Maltais, Desroches, & Dionne, 2009; Senechal et al., 2010). Même les femmes ménopausées sans prise pondérale subissent des changements significatifs de leur composition corporelle à la suite de la ménopause. Ces changements s'observent par une diminution progressive de la MM (Svendsen, Hassager, & Christiansen, 1995a) et par une augmentation de la MG totale et abdominale, avec une accumulation favorisée au niveau des viscères (Svendsen et al., 1995a; Zamboni et al., 1997). Les femmes ménopausées sont donc davantage à risque de souffrir de une ou de plusieurs maladies chroniques, comme les maladies coronariennes, le diabète de type 2, l'apnée du sommeil et certains cancers (Bogers et al., 2007; Field et al., 2001; Visscher & Seidell, 2001).

### ***1.3.2 Effets de la ménopause sur la distribution du tissu adipeux***

La période de la ménopause est associée à des changements au niveau de la distribution du tissu adipeux (Abdulnour et al., 2012). Lors d'une étude longitudinale de 6 ans, réalisée auprès de femmes pré-ménopausées, il a été rapporté une augmentation de la MG et la circonférence du tour de taille, lors de la transition vers la ménopause (Sowers et al., 2007). Une autre étude a démontré une augmentation significative de la graisse viscérale trois ans suite à la ménopause (Abdulnour et al., 2012).

La mesure du pourcentage de gras corporel par DXA rend possible la quantification du tissu adipeux total ou par région corporelle (Pietrobelli, Formica, Wang, & Heymsfield, 1996). Cette méthode de mesure a permis de démontrer une augmentation significative de l'adiposité au niveau du tronc chez les femmes ménopausées (Douchi et al., 2007; Ley et al., 1992; Panotopoulos et al., 1996;

Svendsen et al., 1995b; Tremollieres et al., 1996). Ces changements sur la distribution et de l'augmentation du tissu adipeux ne sont pas sans conséquences pour la santé. L'augmentation de la graisse viscérale est associée à des complications métaboliques comme la résistance à l'insuline, le diabète de type 2, les dyslipidémies et le syndrome métabolique (Despres & Lemieux, 2006; Van Gaal, Mertens, & De Block, 2006). Les problèmes en lien avec l'homéostasie du glucose semblent être plutôt la conséquence du gain de poids et non de la transition vers la ménopause (Guthrie et al., 2001; Rosano, Vitale, & Mercurio, 2006).

### ***1.3.3 Effets de la ménopause et du vieillissement sur la masse musculaire***

Les femmes ménopausées subissent un déclin progressif de leur MM (Svendsen et al., 1995a). L'avancement en âge les met à risque de sarcopénie; phénomène naturel et irréversible expliqué par la perte de MM avec le vieillissement (Roubenoff & Hughes, 2000; Schwartz, 1997). Le *National Institute of Aging* définit la sarcopénie comme étant la perte de masse et de force musculaire reliées au vieillissement (Walston et al., 2006). Cliniquement, la sarcopénie est déterminée par un indice de MM (MM appendiculaire / taille m<sup>2</sup>) de deux écarts-types en dessous de la population adulte d'âge moyen d'hommes ou de femmes (Baumgartner et al., 1998; Gallagher et al., 1997; Heymsfield et al., 1990).

La sarcopénie affecte tant les hommes et les femmes sédentaires que les plus actifs. Par contre, le déclin de la masse et de la force musculaire est plus important chez les hommes (Thomas, 2007). Le déclin plus important chez les hommes demeure incompris, mais il serait en lien avec les concentrations d'hormones telles que l'hormone de croissance, l'IGF, la testostérone et le sulfate de déhydroépiandrostérone (Janssen, Heymsfield, Baumgartner, & Ross, 2000; Valenti et al., 2004). Il est important de considérer que la perte de MM ne s'effectue pas au même moment de la vie chez les femmes et les hommes. Chez ces derniers, la perte

se produit de façon graduelle à partir de la cinquantaine, tandis que chez les femmes, elle se produit de façon plus marquée après la ménopause (Rolland et al., 2008).

Parmi les causes possibles de la diminution de masse musculaire, on rapporte également 1) une réduction de la réponse aux nutriments, 2) la malnutrition, 3) l'inactivité physique, 4) la disponibilité des hormones anabolisantes (GH, IGF-1, testostérone), et 5) des changements au niveau du métabolisme musculaire (Boirie, 2009). La perte de masse musculaire est associée à une diminution de la force musculaire, une diminution du métabolisme de base et une diminution de l'oxydation des lipides (Boirie, 2009; Brochu, Tchernof, Turner, Ades, & Poehlman, 2003; Larson, Ferraro, Robertson, & Ravussin, 1995). La sarcopénie est un facteur de risque pour la santé de l'individu. Elle augmente le risque 1) de fractures et de blessures, 2) d'incapacité de se lever d'une chaise, 3) de fragilité, de faible capacité fonctionnelle (diminution de la vitesse de marche, de la force, de l'équilibre), 4) de chutes et 5) d'accumulations de lipides intramusculaires (Thomas, 2007). La plupart de ces facteurs sont reliés à la mortalité (Guralnik et al., 2000). Il en résulte une augmentation du risque de dépendance physique, lequel accroît le risque de placement en foyer de soins de longue durée (Wolinsky, Callahan, Fitzgerald, & Johnson, 1992), le nombre de soins requis à domicile (Branch et al., 1988; Malafarina et al., 2012), le nombre d'hospitalisations (Ferrucci, Guralnik, Pahor, Corti, & Havlik, 1997) et, par le fait même, augmente les dépenses liées aux soins de réadaptation (Fried, Bradley, Williams, & Tinetti, 2001; Rice & LaPlante, 1992).

La perte de masse musculaire reliée à l'âge conjuguée à l'augmentation de l'incidence d'obésité chez les gens âgés a donné naissance à un nouveau concept, soit l'obésité sarcopénique (Baumgartner, 2000; Zamboni, Mazzali, Fantin, Rossi, & Di Francesco, 2008). Cette condition est considérée lorsque les critères de la sarcopénie (tels que présentés plus haut) sont atteints et que l'obésité correspond à un pourcentage de MG au-delà du 60<sup>ième</sup> percentile pour le sexe et l'âge (Baumgartner et al., 2004). Les personnes âgées obèses et sarcopéniques auraient une moins bonne capacité physique et seraient plus à risque du syndrome métabolique (Baumgartner,

2000; Baumgartner et al., 2004; Bouchard, Dionne, & Brochu, 2009; Villareal, Banks, Siener, Sinacore, & Klein, 2004). Compte tenu de ces données, tout laisse croire qu'une perte de poids serait bénéfique pour la santé des personnes âgées présentant cette condition.

La perte pondérale via une RC est reconnue comme efficace en prévention primaire et secondaire des maladies métaboliques (Aad et al., 2014). Cependant, elle entraîne généralement une diminution concomitante de la MM d'environ 20% (Gallagher et al., 2000); tout dépendant du type de diète (Houston, Nicklas, & Zizza, 2009). Fait intéressant : des données indiquent qu'un apport alimentaire adéquat en protéines pourrait avoir un impact favorable sur la rétention de MM lors d'une restriction calorique volontaire visant la perte de poids (Bopp et al., 2008; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2005; Leidy, Carnell, Mattes, & Campbell, 2007; Pasiakos et al., 2013).

## **1.4 Étiologie de l'obésité**

Tout au long de l'évolution, l'humain a eu recours à plusieurs mécanismes pour stocker des réserves de graisse, lors des périodes d'abondances, afin de pouvoir faire face adéquatement aux moments de famines (Ravussin, 1995). Nous faisons cependant face à des changements drastiques du mode de vie. Nous avons maintenant accès facilement à une nourriture énergétiquement riche, en plus de présenter un mode de vie de plus en plus sédentaire (Cummins & Macintyre, 2006). L'obésité a atteint des proportions d'épidémie dans les pays industrialisés et dans les populations urbaines à travers le monde (Kottke, Wu, & Hoffman, 2003; OMS, 2012).

### ***1.4.1 Équilibre et déséquilibre énergétiques***

La consommation d'énergie, sous diverses formes d'aliments, est essentielle à l'être humain afin d'assurer sa survie. À travers les activités et tâches de la vie quotidienne, et même lors de moments sédentaires, une perte d'énergie est engendrée

(Elia, Ritz, & Stubbs, 2000). En principe, pour assurer l'équilibre énergétique, l'apport énergétique doit être égal à la dépense énergétique afin que l'individu puisse préserver un poids stable. Lorsqu'il y a prise de poids, cela révèle un bilan énergétique positif. De façon plus précise, cela signifie que l'énergie consommée est supérieure à la dépense énergétique de l'individu. En théorie, un surplus de 7700 kcals consommés par rapport aux besoins énergétiques engendrera une prise de poids de 1 kg sous forme de graisse, et à l'inverse un bilan énergétique négatif conduira à une perte de poids (Whitney & Rolfes, 2008). La perte de poids peut être créée à l'aide d'un déficit en énergie (via une diète hypocalorique), par l'augmentation de la dépense énergétique (via l'activité physique), ou encore par une combinaison des deux. La perte pondérale s'avère une solution de première ligne pour traiter l'obésité (Avenell et al., 2004). Il a été démontré qu'une simple diminution de 5% à 10% du poids corporel permet des améliorations cliniquement significatives du profil métabolique (Anderson & Konz, 2001; Arguin et al., 2012; Klein, 2001; Villareal, Apovian, Kushner, & Klein, 2005b). Puisque l'obésité est associée à plusieurs désordres métaboliques, il est donc souhaitable de perdre quelques kilos (Lau et al., 2007).

#### ***1.4.1.1 Recommandations alimentaires chez les personnes âgées***

Au Canada, des recommandations alimentaires générales sont émises à la population par Santé Canada via le Guide alimentaire canadien (Canada. Santé Canada, 2007). Santé Canada suggère l'ajout d'une portion de produits laitiers et substituts après l'âge de 51 ans. Le nombre de portions de viandes et substituts demeure quant à lui inchangé avec 2 portions chez les femmes (5 oz) et 3 portions chez les hommes (7,5 oz) (Canada. Santé Canada., 2007). Une attention particulière doit être accordée à ces deux catégories d'aliments puisqu'elles sont des sources importantes de protéines de haute qualité (Canada. Santé Canada., 2007).

**Tableau 3 . Nombre de portions recommandées quotidiennement par le Guide alimentaire canadien pour les adultes**

	Adultes			
	19 à 50 ans		51 ans et plus	
	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes
Légumes et fruits	7-8	8-10	7	7
Produits céréaliers	6-7	8	6	7
Lait et substituts	2	2	3	3
Viandes et substituts	2	3	2	3

(Canada. Santé Canada., 2007)

Une étude démontre l'importance d'une quantité optimale en protéines afin de prévenir ou de ralentir la sarcopénie (Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Cette étude a donné lieu à une recommandation nouvelle et spécifique encourageant une prise de 25 à 30 g de protéines par repas (Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Ce type de diète, avec cette répartition bien précise, aurait pour effet de maintenir un niveau sanguin adéquat d'acides aminés essentiels en circulation; ce qui favoriserait, par le fait même, l'anabolisme protéique pour la réparation musculaire (Paddon-Jones & Rasmussen, 2009). Un apport protéique supérieur aux présentes recommandations permettrait d'éviter un bilan azoté négatif et aurait un effet positif sur la prévention de la perte de masse musculaire associée au vieillissement (Morais, Chevalier, & Gougeon, 2006). De plus, il semblerait que les protéines d'origine animale auraient un meilleur impact sur la rétention de la MM (Haub, Wells, & Campbell, 2005; Lord, Chaput, Aubertin-Leheudre, Labonte, & Dionne, 2007). Par contre, la littérature est limitée à ce sujet. De plus amples recherches sont nécessaires.

Depuis 2005, les recommandations pour l'apport protéique du *Food and Nutrition Board of the United States National Academy of Sciences* (FNB) sont de 0,8 g/kg/jour chez les hommes et les femmes de plus de 19 ans. Ces recommandations

ont été émises en 2005, sur la base de résultats d'études ayant identifié le seuil minimal de protéines afin 1) d'éviter la perte de masse musculaire et 2) d'obtenir un équilibre du bilan azoté. Cependant, une revue de littérature s'est intéressée à la quantité optimale de protéines que devraient consommer les personnes lors d'une RC. Sur la base de leurs observations, les auteurs ont proposé qu'une quantité d'environ 1,05 g/kg/jour serait nécessaire afin de prévenir la perte de MM (Krieger et al., 2006a). De plus, dans une autre étude sans restriction calorique chez des personnes âgées, un apport quotidien de 1,2 à 1,5 g/kg de protéines était recommandé afin de réduire le risque de sarcopénie (Vellas et al., 1997). Selon cette dernière étude, les recommandations en protéines du *Food and nutrition board* sont insuffisantes pour une rétention optimale de la MM lors d'une RC (Krieger et al., 2006a).

#### ***1.4.1.2 Apport énergétique***

L'apport énergétique d'un individu repose sur sa prise alimentaire. L'action de manger est influencée par plusieurs aspects comme l'état psychologique (émotions vécues, rapport face aux aliments, etc.), le contexte dans lequel un repas est consommé, les processus métaboliques liés à l'apport alimentaire et enfin le type d'aliments consommés (Whitney & Rolfes, 2008).

La composition en macronutriments du repas consommé et la quantité ingérée influencent le niveau de satiété. L'organisme puise son énergie à travers les divers macronutriments contenus dans les aliments tels que; les glucides, les lipides, les protéines et l'alcool (Dubost Bélair & Scheider, 2006). Le contenu énergétique d'un gramme de glucides et de protéines fournit 4 kcals, 1 gramme de lipides équivaut à 9 kcals et enfin 1 gramme d'alcool équivaut à 7 kcals (Whitney & Rolfes, 2008). Malgré le contenu énergétique identique des glucides et des protéines, une étude menée sur deux diètes iso-énergétiques, avec un contenu différent en glucides et en protéines, a permis d'observer un niveau de satiété augmenté avec la diète riche en protéines (RP) (Latner & Schwartz, 1999; Layman et al., 2003). De plus, un repas

composé de glucides complexes apportera aussi un effet rassasiant augmenté en comparaison d'un repas en contenant une quantité inférieure (Burton-Freeman, 2000; Kristensen & Jensen, 2011). Le choix des aliments et de leur composition ont donc un effet sur l'apport alimentaire puisqu'ils peuvent influencer le niveau de satiété et, par le fait même, la prise alimentaire.

La densité énergétique des aliments est aussi un concept intéressant dans la gestion du poids (Whitney & Rolfes, 2008). La densité énergétique fait référence au nombre de kcals que fournit un aliment par rapport à son poids (Whitney & Rolfes, 2008). Une faible densité énergétique reflète peu de kcals pour une quantité plus importante de nourriture, et *vice versa*. Les prix alléchants des aliments à densité énergétique élevée guident plusieurs consommateurs dans leurs achats (Drewnowski & Specter, 2004). Une diète comprenant une quantité importante de ce type d'aliments augmente considérablement l'apport énergétique total quotidien (Bray & Popkin, 1998; Drewnowski, 2004; Harnack, Stang, & Story, 1999). Quant à eux, les aliments, ayant une faible densité énergétique, permettent d'atteindre un apport alimentaire de meilleure qualité et d'avoir un apport calorique total quotidien plus faible (Rolls, Drewnowski, & Ledikwe, 2005; Whitney & Rolfes, 2008). En général, les fruits et les légumes ont une faible densité énergétique et sont de bonnes sources de fibres, tout en favorisant la satiété lors d'un repas (Ello-Martin, Roe, Ledikwe, Beach, & Rolls, 2007; Ledikwe et al., 2006). À l'inverse, il a été démontré que les aliments ayant une densité énergétique élevée, combinée à un mode de vie sédentaire, sont en lien direct avec l'augmentation d'obésité (Drewnowski, 2000). Tel que discuté dans cette section, l'apport alimentaire d'un individu peut être influencé par plusieurs facteurs. Il va s'en dire que chaque individu gère sa propre prise alimentaire, tout en étant fortement influencé par des facteurs intrinsèques et extrinsèques.



#### ***1.4.1.3 Dépense énergétique***

La dépense énergétique est associée à quatre composantes; c'est à dire le métabolisme de base, l'activité physique, l'effet thermique des aliments et la thermogénèse adaptative (Whitney & Rolfes, 2008). Les composantes de la dépense énergétique totale quotidienne (DETQ) seront discutées dans les sections suivantes.

##### ***1.4.1.3.1 Métabolisme de base***

Le métabolisme de base représente en moyenne de 60% à 70% de la DETQ d'un individu sédentaire (Ravussin, Lillioja, Anderson, Christin, & Bogardus, 1986). Ce dernier correspond à la quantité d'énergie nécessaire au corps pour assurer ses fonctions vitales à jeun, éveillé, dans un état de repos physique et mentale et à une température ambiante confortable (Dubost Bélair & Scheider, 2006). L'activité du métabolisme de base est positivement corrélée à la MM d'un individu. Généralement, plus un individu aura une MM élevée et plus sa dépense énergétique au repos sera élevée. Certains facteurs autres que la MM viennent aussi influencer le métabolisme de repos comme la surface corporelle, l'âge, le stress, la température corporelle et certaines hormones (Kenney, Wilmore, Costill, & Wilmore, 2012).

##### ***1.4.1.3.2 Activité physique***

La dépense énergétique attribuable à l'activité physique est reliée aux mouvements volontaires et involontaires pendant la journée (Kenney et al., 2012). Bien que l'activité physique soit très variable d'un individu à un autre, elle est aussi la composante de la dépense énergétique totale la plus variable (Whitney & Rolfes, 2008). Pour une personne confinée au lit, la dépense énergétique associée aux activités physiques peut être d'aussi peu que 15 % de la DETQ, tandis qu'elle peut atteindre 50 % chez un athlète de haut niveau (Dubost Bélair & Scheider, 2006).

D'autre part, la dépense énergétique requise pour la pratique d'une activité sera variable d'un individu à un autre, puisque la quantité de MM, la MG, le poids, l'âge, le sexe, le niveau de condition physique et le type d'exercices sont des facteurs importants

pouvant influencer la quantité d'énergie dépensée pendant l'activité physique (Kenney et al., 2012). D'autre part, la durée, la fréquence et l'intensité de l'exercice influencent également la dépense énergétique lors d'une activité physique. Lorsqu'un de ces facteurs est augmenté, la dépense énergétique liée à l'activité physique est aussi augmentée (Whitney & Rolfes, 2008).

L'impact de l'activité physique sur le métabolisme de base serait causé par l'augmentation de la MM (Ryan, 2000). De plus, la consommation d'oxygène post-exercice demeurerait élevée pendant 3 à 4 heures, selon la durée et l'intensité de l'exercice. Ainsi, la période post-exercice peut être associée à une augmentation de la consommation d'oxygène et du métabolisme de base pour une période pouvant aller jusqu'à 24 heures (Maehlum, Grandmontagne, Newsholme, & Sejersted, 1986). Il a également été proposé qu'une personne ayant une plus grande quantité de MM verra sa quantité d'énergie liée à une activité physique augmentée (Ryan, 2000).

#### ***1.4.1.3.3 Effet thermique des aliments***

L'absorption des nutriments contenus dans les aliments requiert de l'énergie. Ce processus se nomme l'effet thermique des aliments (ETA) et représente environ 5% à 15% de la DETQ (Tataranni, Larson, Snitker, & Ravussin, 1995). Le processus digestif, par lequel les aliments transitent et sont absorbés sous forme de macronutriments assimilables par l'organisme, met en branle plusieurs étapes. Ces étapes sont 1) l'ingestion, 2) la déglutition et 3) le péristaltisme, 4) la digestion mécanique, 5) la digestion chimique, 6) l'absorption et 7) la défécation (Marieb, 2005). Plusieurs facteurs influencent l'ETA tels que la grosseur et la composition du repas, la palatabilité de la nourriture, la génétique, l'âge, le niveau d'activité physique et la sensibilité à l'insuline (Brundin, Thorne, & Wahren, 1992; Wadden & Stunkard, 2002). Les protéines auraient un effet thermique supérieur aux glucides, aux lipides, et à l'alcool (Tappy, 1996; Wakamatsu et al., 2013; Whitney & Rolfes, 2008). Lors d'une étude menée par Stock en 1999, une grande variabilité de l'ETA a été attribuée à une diète faible en protéines (Stock, 1999). Au contraire, une diète riche en protéines aura un effet thermique augmenté en comparaison à une diète élevée en matières grasses (Westerterp, Wilson, &

Rolland, 1999). Feinman et Fine (Feinman & Fine, 2003b) soutiennent que les diètes faibles en glucides et riches en protéines augmentent la demande en protéines et en acides aminés pour la gluconéogenèse. Ce procédé est énergétiquement coûteux (Feinman & Fine, 2003b). Le tableau ci-dessous présente l'effet thermique de chaque macronutriment.

Tableau 4. Effet thermique des aliments

<b>Glucides</b>	5-10 %
<b>Lipides</b>	0-3 %
<b>Protéines</b>	15-30 %
<b>Alcool</b>	15-20 %
<p>*Le pourcentage est calculé en divisant l'énergie dépensée durant la digestion et l'absorption par l'énergie contenue dans les aliments.</p> <p>(Acheson, 1993; Westerterp, 2004; Whitney &amp; Rolfes, 2008)</p>	

#### ***1.4.1.3.4 Thermogénèse adaptative***

La thermogénèse adaptative fait référence à une dépense énergétique augmentée lors de situations où le corps doit s'adapter; comme par exemple lors d'une situation de froid extrême, de suralimentation, de sous-alimentation, un traumatisme ou encore lors d'un état de stress (Whitney & Rolfes, 2008). Lors de ces situations, le corps doit varier la dépense énergétique pour répondre à la condition afin de maintenir son homéostasie. Cette augmentation fait référence à un état de catabolisme ou d'anabolisme que l'organisme doit gérer.

#### ***1.4.2 Diète hypocalorique***

Tel que mentionné précédemment, un déficit de 500 kcals par jour permet théoriquement de perdre 0,5 kilogramme par semaine (Whitney & Rolfes, 2008). Une restriction calorique de cette ampleur peut s'effectuer sans danger pour la santé de l'individu. Une diète hypocalorique sévère contenant moins de 800 kcals par jour permet

d'obtenir une perte de poids plus rapide et plus importante. Cependant, la reprise du poids perdu est très souvent observée (Paisey et al., 2002). Les diètes à répétition entraînent la reprise du poids perdu et cela à des conséquences néfastes sur la santé (Lau et al., 2007). Chez les personnes avec un poids santé, il a été démontré que les diètes répétées favorisaient les problèmes d'embonpoint. Cet effet « yo-yo » est une réaction du signal de déplétion de la MG et de la MM qui contribue à la reprise du poids en modulant la prise énergétique, la thermogénèse adaptative et un rythme accéléré de la réplétion des réserves adipeuses. Selon une méta-analyse, la perte de MM est proportionnelle à la sévérité de la restriction énergétique (Saris, 2001). Donc, une diète très sévère à moins de 800 kcals/jour ne permet pas à l'individu d'aller chercher une quantité suffisante de protéines pour combler ses besoins et éviter une perte de MM importante (Noakes, Keogh, Foster, & Clifton, 2005). Cette perte de MM augmentée est expliquée par l'utilisation des protéines tissulaires pour la production d'énergie et le maintien de l'homéostasie du système (Feinman & Fine, 2003b).

Les études proposant une quantité inférieure de 0,8 g/kg/j de protéines étaient considérées comme faibles en protéines (FP), et les diètes ayant un apport supérieur à cette valeur étaient quant à elle considérées comme riches en protéines (RP). L'apport en protéines vient influencer par conséquent l'apport en glucides. Selon le *Dietary Reference Intakes of the Institute of Medicine*, il est établi que la consommation quotidienne de glucides devrait se situer entre 45 et 65% de l'apport calorique total quotidien (Food Nutr. Board, 2005). Une consommation au-dessous de 45% de l'apport énergétique quotidien en glucides est donc considérée comme étant une diète faible en glucides. La diète restreinte en glucides a longtemps été un type de diète préconisé chez les diabétiques avant l'arrivée de l'insuline (Feinman, 2011). Ce type de répartition énergétique est beaucoup plus utilisé lors de diète hypocalorique visant la perte pondérale ou encore pour la gestion du poids (Katz, O'Connell, Njike, Yeh, & Nawaz, 2008).

## 1.5 Protéines

Les protéines tirent leur nom d'un mot en grec signifiant « de première importance ». Elles sont composées d'atomes de carbone (C), d'hydrogène (H) et

d'oxygène (O). Tout comme les glucides et les lipides, ce sont des molécules organiques. Ce qui les distingue est la présence d'azote (N); un élément chimique essentiel à leur synthèse (Bohe, Low, Wolfe, & Rennie, 2003). Les protéines sont formées de chaînes d'acides aminés de formes et de longueurs différentes. L'acide aminé est l'unité de base des protéines. La protéine est un polymère composé d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques.

### ***1.5.1 Rôles des protéines***

Les protéines sont des composantes structurales et fonctionnelles d'une importance capitale pour les cellules de notre corps (Bohe et al., 2003). Le rôle structurel que jouent les protéines est important pour plusieurs structures de l'organisme, comme par exemple dans les muscles, les tendons et les ligaments (Gropper, Smith, & Groff, 2009). En plus d'être une composante structurale du muscle, certaines protéines (comme l'actine et myosine) permettent la contraction des cellules musculaires (Drummond et al., 2008). Les protéines sont donc nécessaires pour la création du mouvement (Drummond et al., 2008).

Le rôle fonctionnel des protéines prend place dans la structure moléculaire et les activités des cellules vivantes. En fait, les cellules sont dépendantes des protéines (Drummond et al., 2008). Elles sont souvent classifiées en fonction du type de réaction dans lesquelles elles sont impliquées. Certaines classifications de ces protéines permettent de déterminer leurs rôles dans l'organisme. Par exemples, les hydrolases coupent les composés, les isomérases transfèrent un atome dans une molécule, les ligases (synthétases) joignent des composés, les oxydoréductases transfèrent des électrons et enfin, les transférases catalysent le transfert d'un groupe fonctionnel (Gropper et al., 2009). Certaines hormones composées d'un ou de plusieurs acide(s) aminé(s), comme l'insuline ou l'hormone de croissance, sont également dérivées des protéines (Gropper et al., 2009). Les protéines jouent aussi un rôle important dans le transport de substances dans le sang (Gropper et al., 2009). Par exemple, l'albumine transporte plusieurs nutriments comme le calcium, le zinc et la vitamine B6 (Gropper et al., 2009).

### ***1.5.2 Dégradation et synthèse des protéines***

Comme pour les glucides et les lipides, les protéines doivent être fractionnées afin d'être absorbées par l'organisme. La digestion des protéines permet la libération des acides aminés qui les composent. Les protéines sont d'abord mastiquées et humidifiées par la salive, puis elles sont avalées et transportées dans l'estomac via l'œsophage. La digestion des protéines débute dans l'estomac sous l'action de la pepsine, une enzyme protéolytique. La pepsine est libérée sous sa forme inactive (pepsinogène) afin d'éviter que les cellules qui la produisent soient digérées. Le pepsinogène est alors transformé sous sa forme active en contact de l'acide chlorhydrique sécrétée par l'estomac lorsque des aliments y pénètrent. L'acide chlorhydrique permet aussi la dénaturation des structures protéiques. La pepsine (forme active) permet de scinder les protéines en plus petits polypeptides et en acides aminés libres. Par la suite, ils pénètrent dans l'intestin grêle et les fragments de protéines sont digérés par des enzymes protéolytiques sécrétées par le pancréas, comme la chymotrypsine et la trypsine. Suite à la dégradation des protéines en acides aminés par le processus digestif, les acides aminés sont majoritairement absorbés dans la partie proximale (haute) du petit intestin (Gropper et al., 2009). Ces acides aminés combinés aux acides aminés endogènes serviront à construire de nouvelles protéines.

La digestion des peptides restants est achevée par des enzymes sécrétées à la surface et à l'intérieur de la muqueuse intestinale. La muqueuse intestinale libère ensuite dans le sang de la veine porte les acides aminés du processus digestif décrit ci-haut (Whitney & Rolfes, 2011). Ces acides aminés se mélangent à ceux provenant des protéines corporelles dégradées pour former le *pool* d'acides aminés. Dans le cas d'une diète trop pauvre en protéines, l'organisme devra digérer ses propres protéines (comme par exemple les protéines musculaires) afin de fournir les acides aminés manquants dont il a besoin. Ainsi, lors d'un déficit énergétique élevé, les protéines n'occuperont pas leur fonction principale; soit celle de fournir des acides aminés pour l'anabolisme des protéines tissulaires de l'organisme. Les protéines seront plutôt dégradées ou catabolisées afin de fournir de l'énergie à l'organisme. À l'inverse, lors d'une diète très riche en protéines, l'organisme transformera les acides aminés excédentaires en acides aminés

glycogéniques ou cétogènes compte tenu que l'organisme ne peut les mettre en réserve (Bohe et al., 2003; Faghih, Abadi, Hedayati, & Kimiagar, 2011).

### ***1.5.3 Acides aminés essentiels et non-essentiels***

Il existe 22 acides aminés, et plus de la moitié de ceux-ci sont non-essentiels (Whitney & Rolfes, 2011). Plus précisément, un acide aminé non-essentiel peut être synthétisé par l'organisme. Les acides aminés essentiels doivent être intégralement fournis par l'alimentation. Les acides aminés essentiels sont l'histidine (chez le nourrisson), l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine (Whitney & Rolfes, 2011). Ils sont considérés essentiels puisqu'ils ne peuvent être synthétisés par l'organisme (Whitney & Rolfes, 2011). Une bonne alimentation permet de répondre à la demande de ce type d'acides aminés (Drummond et al., 2008). La leucine semble particulièrement importante puisqu'elle est un précurseur de la synthèse protéique musculaire (Layman & Walker, 2006). Le vieillissement diminue la réponse du muscle lors de la stimulation post prandiale de la leucine (Katsanos, Kobayashi, Sheffield-Moore, Aarsland, & Wolfe, 2006). Cette diminution de la réponse post prandiale contribue à réduire l'anabolisme musculaire et, par conséquent, favorise la réduction de la MM (Katsanos et al., 2006).

### ***1.5.4 Protéines alimentaires***

Les protéines alimentaires sont indispensables dans une saine alimentation. Les recommandations actuelles pour l'apport protéique sont de 0,8 g/kg/jour pour les hommes et les femmes de 19 ans et plus, et ce indépendamment de leur âge (Food Nutr. Board, 2005). Toutefois, lors d'une diète hypocalorique chez les personnes âgées, les connaissances actuelles nous démontrent qu'un apport en protéines supérieur à 1,05 g/kg de poids corporel favorise la rétention de la MM (Krieger et al., 2006a).

Il est cependant important de noter que les protéines se divisent en deux grandes classes, c'est à dire les protéines d'origine végétale et celles d'origine animale. Nous aborderons les différences de ces deux types de protéines dans la section suivante.

### ***1.5.5 Protéines animales et protéines végétales***

Les protéines animales contenues dans les viandes, les œufs et les produits laitiers sont considérées comme ayant une haute valeur biologique (Whitney & Rolfes, 2011). Ce type de protéines contient en bonnes proportions les acides aminés essentiels nécessaires par l'organisme à la synthèse protéique (Gropper, 2012). Chez des personnes âgées, il a été démontré qu'une diète riche en protéines provenant de la viande augmentait de façon significative la MM comparativement à une diète ovo-lato-végétarienne (Campbell et al., 1999).

Le soya fait exception dans le cas des protéines végétales, puisqu'il présente également une haute valeur biologique, comme les protéines animales. Quant aux légumes, aux noix, aux graines, aux produits céréaliers et aux légumineuses, ces derniers ne contiennent pas d'acides aminés essentiels en grande quantité (Whitney & Rolfes, 2011). La combinaison de plusieurs sources de protéines végétales ou encore une combinaison de protéines végétales + animales est donc nécessaire pour assurer une bonne complémentarité entre les divers types de protéines végétales (Whitney & Rolfes, 2011). Lorsqu'un acide aminé essentiel est proportionnellement moins présent à l'intérieur d'une protéine, ce dernier devient un acide aminé limitant puisqu'il se retrouve en quantité insuffisante (Gropper, 2012). L'acide aminé limitant n'est pas le même pour toutes les protéines. C'est pourquoi il est important de varier les protéines alimentaires afin d'obtenir tous les acides aminés essentiels en quantité suffisante.

Afin que la formation de protéines musculaires soit possible, une cellule a besoin que tous les acides aminés soient disponibles au même moment. Si la diète ne contient pas assez d'acides aminés essentiels, la synthèse protéique sera limitée et la cellule aura besoin d'aller puiser dans ses propres réserves (Whitney & Rolfes, 2011). Chez les personnes âgées, un apport adéquat en acides aminés essentiels a été associé à un meilleur accroissement de la MM (Brundin et al., 1992; Wadden & Stunkard, 2002). Toutefois, les personnes âgées ont plutôt tendance à diminuer leur apport quotidien en protéines (Vikstedt et al., 2011). La diminution de la consommation de protéines, et plus particulièrement celles d'origine animale, est souvent associée au coût élevé des produits et aux problèmes de mastication (Whitney & Rolfes, 2011). Ainsi, la diminution de



l'apport en protéines, et plus particulièrement d'acides aminés essentiels, contribue à accentuer la perte de MM (Houston et al., 2008). Ces facteurs contribuent à une perte de MM plus importante chez les personnes âgées et les femmes ménopausées. Une diminution de la perte de MM chez les personnes âgées est envisageable avec une consommation optimale en protéines, tel que vu dans la section 1.3.3. Toutefois, l'activité physique en résistance serait également une stratégie intéressante.

### ***1.5.6 Exercices musculaires et synthèse protéique du muscle***

L'entraînement en résistance est une forme d'exercice qui implique la contraction musculaire contre une résistance (Evans, 1999). Ce type d'exercice peut être utilisé pour augmenter la masse, l'endurance, la force et la puissance musculaire (Fiatarone et al., 1990). Le mécanisme physiologique favorisant l'augmentation de masse musculaire suite à un ER est relié à la réponse de certaines protéines à la suite d'un stress mécanique (Thomas R, 2008). La réparation des tissus musculaires à la suite de ce stress mécanique favorise l'hypertrophie du muscle. Ce sont donc les dommages/stress causés par l'ER qui stimulent la croissance musculaire (Thomas R, 2008). Ce type d'entraînement permet l'augmentation de la grosseur des fibres musculaires de type 1, mais majoritairement celles de type 2 (Thomas R, 2008).

Un programme d'ER doit être spécifique afin d'obtenir les effets désirés. Chez les personnes âgées, un ER comprenant 3 séries de 8 à 12 répétitions (environ 80% du 1-RM) est normalement prescrit pour obtenir des effets optimaux sur la masse et la force musculaires. Le gain maximal en force s'obtient avec un programme d'exercices comprenant des séries de 2 à 6 répétitions. Puisque le processus de vieillissement est différent pour chaque individu, la réponse à l'exercice est également variable d'une personne à l'autre (Kraemer & Ratamess, 2004). Le suivi par un kinésologue est donc nécessaire pour bien guider l'individu.

La consommation de protéines lors d'un ER permet de mettre rapidement en circulation des acides aminés; lesquels vont favoriser la reconstruction des tissus endommagés et la restauration des réserves énergétiques (Hulmi, Lockwood, & Stout,

2010; Kukuljan, Nowson, Sanders, & Daly, 2009). Selon des données scientifiques, le moment de l'ingestion des protéines pendant un ER a un impact significatif sur la synthèse protéique (Dreyer et al., 2006). Ainsi, des études démontrent que la consommation de protéines à l'intérieur d'une période de 3 heures après un ER serait optimale pour la synthèse protéique (Moore et al., 2009). Ainsi, l'inflammation créée par l'ER augmente la circulation sanguine sur une courte période, ce qui favorise le transport des nutriments vers le muscle (Kerksick et al., 2008). Selon une étude d'Esmarck et al. de 2001, une consommation d'aussi peu que 10g de protéines à la suite d'un ER a été associée à des gains significatifs de masse et de force musculaire chez des personnes âgées (Esmarck et al., 2001).

L'ER permet également d'atténuer le processus de sarcopénie en ralentissant la perte de MM avec l'âge. Il s'agit d'un aspect potentiellement très intéressant compte tenu des bénéfices importants de la MM sur le profil de santé chez la personne âgée (Marzetti et al., 2008; Wolfe, Miller, & Miller, 2008). Ainsi, des stratégies d'intervention favorisant le maintien de la MM avec l'âge ou bien lors d'une diète hypocalorique seraient potentiellement intéressantes (Wolfe et al., 2008). Selon certaines études, un ER combiné à une diète hypocalorique riche en protéines seraient associés à une meilleure rétention de la MM comparativement à une diète hypocalorique seule (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Thomson et al., 2008). Plusieurs études utilisant différents protocoles ont également été réalisées afin de quantifier les effets de l'ER seul ou en combinaison avec des diètes hypocaloriques riches en protéines (Bopp et al., 2008; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Mojtahedi et al., 2011; Wycherley et al., 2010). Toutefois, ce type d'études n'a cependant jamais été réalisé chez des femmes ménopausées et obèses.

## 2. DIÈTES HYPOCALORIQUES ET COMPOSITION CORPORELLE

La section 1.5.5 démontre l'impact favorable des protéines d'origine animale sur la MM en comparaison à une diète ovo-lacto-végétarienne (Campbell et al., 1999). Chez

les personnes âgées, un apport adéquat en acides aminés essentiels a été associé à une MM plus importante (Brundin et al., 1992; Wadden & Stunkard, 2002). Les études présentées dans le tableau de l'annexe A démontrent que le contenu en protéines des diètes était de haute qualité avec des apports importants de viandes, de produits laitiers et d'œufs (Evans et al., 2012; Farnsworth et al., 2003; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005; Pasiakos et al., 2013). Parmi ces études, trois études précisent qu'une quantité minimum de 200 g de viande était consommée par jour; excluant les autres sources de protéines d'origine animale (Farnsworth et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005). Les études présentées dans l'annexe A comparent les effets de diètes FP et RP sur la composition corporelle. Il est important de noter que le devis de ces études n'était pas de comparer le type de protéines (animales versus végétales) (Evans et al., 2012; Farnsworth et al., 2003; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005; Pasiakos et al., 2013).

## **2.1 Diètes hypocaloriques et poids corporel**

Selon une méta-analyse de 2006, une diète hypocalorique RP et faible en glucides aurait un meilleur impact sur la perte de poids en comparaison à une diète riche en glucides et faible en protéines (FP) (Krieger et al., 2006a). Après analyse de l'apport alimentaire en macronutriments, les diètes avec un faible apport en glucides ( $\leq 35\%$ ) permettaient d'obtenir une perte de poids significativement plus importante comparativement aux interventions nutritionnelles riches en glucides (Krieger et al., 2006a). Pour les études d'une durée de plus de 12 semaines, la perte de poids moyenne était de 6,56 kg supérieure aux autres interventions (Krieger et al., 2006a). Malgré une perte de poids favorable pour les sujets recevant une intervention nutritionnelle RP et FG, aucun effet significatif n'a été démontré pour la perte de poids lors des interventions d'une durée supérieure à 12 semaines (Krieger et al., 2006a).

Dans une étude de Layman et coll. (2003), deux groupes de sujets ont consommé une diète équivalente en énergie, en fibres et en matières grasses; mais contenant des quantités différentes de glucides et de protéines (Layman et al., 2003). Le groupe RP recevait 1,5 g/kg/jour de protéines comparativement à 0,8 g/kg/jour pour le groupe FP

(Layman et al., 2003). À la fin des 10 semaines d'intervention nutritionnelle, les deux groupes ont obtenu une perte de poids significative. Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes pour la perte de poids cependant (RP =  $-7,53 \pm 1,44$  kg vs FP =  $-6,96 \pm 1,36$  kg) (Layman et al., 2003). Toujours dans le même ordre d'idées, une autre étude a quantifié l'effet d'une restriction calorique de 12 semaines entre deux groupes avec une intervention nutritionnelle différente en grammes de protéines. Le groupe FP recevait une diète composée de 0,64 g/kg/jour de protéines contre 0,88 g/kg/jour pour le groupe RP (Noakes et al., 2005). Les données ne révèlent pas de différence significative pour la perte de poids entre les groupes (RP =  $-7,6 \pm 0,4$  kg vs FP =  $-6,9 \pm 0,5$  kg;  $P = 0,29$ ). Enfin, cette étude n'a pas rapporté de différence significative pour le changement de la MG et de la MM (Noakes et al., 2005). Il est, par contre, intéressant de noter que la différence en grammes de protéines entre les deux types de diète était faible (0,24 g/kg/jour), ce qui peut expliquer leurs résultats.

La perte de poids semble être augmentée pour les groupes avec une intervention nutritionnelle RP en comparaison aux groupes avec une diète FP. Par contre, aucune de ces études ne démontre des pertes de poids significatives en lien avec la diète RP (voir tableaux des annexes A et B) (Evans et al., 2012; Farnsworth et al., 2003; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2003; Leidy et al., 2007; Mojtahedi et al., 2011; Noakes et al., 2005; Wycherley et al., 2010). Pour leur part, Gordon et al. (2008) ont rapporté une perte pondérale similaire entre les deux groupes. Tel qu'observé dans les études précédentes (Tableau annexe B), ce type de diète ne semble pas favoriser une perte de poids supplémentaire. Fait à noter, les protéines étant le macronutriment offrant le plus d'effet de satiété (Soenen & Westerterp-Plantenga, 2008); l'effet serait encore plus important après une diète RP (Westerterp, Smeets, Lejeune, Wouters-Adriaens, & Westerterp-Plantenga, 2008). Ces résultats ont également été rapportés dans une étude réalisée au Danemark auprès de sujets âgés en moyenne de 39 ans et présentant un IMC moyen de  $30 \text{ kg/m}^2$  (Skov, Toubro, Ronn, Holm, & Astrup, 1999). Il faut préciser que cette étude ne comprenait cependant pas de diète hypocalorique contrairement aux études présentées dans cette section. Plus précisément, les participants ont été soumis à une diète équivalente en énergie et en lipides, mais avec des proportions différentes de glucides et de protéines (Skov et al., 1999). Les auteurs ont observé une diminution de 17% de

l'apport énergétique totale chez les sujets avec une alimentation RP après 6 mois d'intervention (Skov et al., 1999). Cette diminution de l'apport énergétique s'est traduite par une perte de poids et de MG plus importante comparativement au groupe avec une alimentation riche en glucides (Skov et al., 1999).

## 2.2 Diètes hypocaloriques et masse grasse

Il a été proposé que la proportion de MG et de MM perdue à la suite d'une diète hypocalorique puisse différer selon la quantité de protéines dans la diète (Bopp et al., 2008). Il pourrait alors s'avérer positif de bien choisir la quantité de protéines que devrait contenir la diète hypocalorique puisque cela permettrait d'augmenter la perte de MG tout en minimisant la perte de MM au cours de la perte de poids (voir le tableau en annexe B).

Une méta-analyse a révélé que les diètes RP ( $> 1,06$  et  $\leq 1,18$  g/kg/jour) étaient associées à une perte supérieure de MG (Krieger et al., 2006a). Dans une étude comparant 3 types de diètes avec des quantités différentes de protéines, le pourcentage de perte de MG s'est révélé significativement plus grand ( $P < 0,05$ ) pour les groupes recevant 2x et 3x la quantité recommandée en protéines par le *Dietary Reference Intakes of the Institute of Medicine* (Food Nutr. Board, 2005) ; soit 1,6 et 2,4 g/kg/jour, en comparaison à la diète suivant les recommandations de 0,8g/kg/jour (Pasiakos et al., 2013).

Dans une étude de Gordon et coll. le groupe RP a perdu  $7,0 \pm 3,0$  kg de MG tandis que le groupe FP a quant à lui perdu  $6,3 \pm 3,0$  kg ( $P = 0,55$ ). Malgré l'écart appréciable de 0,7 g/kg/jour de protéines entre les deux types de diète, cela n'a pas eu d'effet significatif sur la quantité de MG perdue entre les groupes (Gordon et al., 2008). Enfin, pour deux études recensées, le % de MG totale perdue s'est révélé significativement influencé par le type de diète ; les groupes avec diète RP ont perdu significativement plus de MG (Evans et al., 2012; Pasiakos et al., 2013).

Par ailleurs, cette tendance de perte de MG plus importante pour le groupe RP ne s'observe pas dans toutes les études recensées (Farnsworth et al., 2003; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005). Par contre, une méta-

analyse (Krieger et al., 2006a) et deux études (Evans et al., 2012; Pasiakos et al., 2013) rapportent des différences significatives de perte de MG entre les deux types de diètes. Les résultats des études semblent partagés, mais de façon objective 5 des 7 études recensées dans le tableau présenté en annexe A démontrent qu'il n'y a pas de diminution significative de la MG avec les diètes RP ayant un contenu en protéines dans les quartiles supérieurs (Farnsworth et al., 2003; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005).

### **2.3 Diètes hypocaloriques et masse maigre**

Une méta-analyse sur les variations de la consommation en protéines et en glucides lors d'une diète hypocalorique révèle qu'une diète RP favoriserait un meilleur maintien de la MM (Krieger et al., 2006a). La quantité de MM maintenue serait plus élevée pour chaque quartile supérieur de la consommation en protéines. De plus, une différence significative était observée pour les deux quartiles supérieurs (Krieger et al., 2006a). Dans cette étude, il est rapporté que les diètes procurant un apport supérieur à 1,05 g/kg/jour de protéines permettent un maintien supplémentaire de 0,60 kg de MM en comparaison des diètes procurant un apport inférieur à 1,05 g/kg/jour. Pour les études d'une durée de plus de 12 semaines, cette différence augmentait à 1,21 kg de MM pour un apport supérieur à 1,05 g/kg/jour de protéines (Krieger et al., 2006a). Des résultats similaires ont également été observés lors de deux études chez des femmes ménopausées suivant une diète hypocalorique sans ER (Bopp et al., 2008; Gordon et al., 2008). L'étude de Bopp et al. 2008, menée pendant 20 semaines chez des femmes ménopausées, a démontré que pour chaque 0,1g/kg/jour additionnel de protéines, 0,62 kg de MM supplémentaire qui était maintenu à la suite d'une perte de poids. Pour l'étude de Gordon et coll. 2008, les résultats démontrent que le groupe FP a perdu approximativement deux fois plus de MM totale et de MM appendiculaire comparativement au groupe avec diète RP (Gordon et al., 2008). Farnsworth et al. (2008) ont pour leur part mené une étude utilisant une diète similaire à celle de l'étude de Gordon et al. de 2008 (RP= 1,2-1,5/kg/jour et FP= 0,5-0,7 g/kg/jour) (Gordon et al., 2008). Malgré une perte de poids

non significativement différente entre les deux groupes, la diète RP a été associée à une meilleure préservation de la MM ( $P < 0,05$ ).

Dans le même ordre d'idées, une étude menée par Leidy et coll. (Leidy et al., 2007) a comparé l'effet d'une diète RP (1,4 g/kg/j) et d'une diète FP se rapprochant des recommandations de 0,8 g/kg/jour (Leidy et al., 2007). Un aspect intéressant du design de cette étude leur permet de se démarquer des autres (Leidy et al., 2007). En effet, les participantes ont été divisées en 4 groupes selon leur IMC [surplus de poids (IMC: 26-29,9 kg/m<sup>2</sup>) vs obèses (IMC;30-37 kg/m<sup>2</sup>)] et le type de diète (RP vs FP). Les résultats obtenus indiquent que la diète RP permettait une meilleure préservation de la MM que la diète FP ( $P < 0,05$ ). Bien qu'un effet significatif fût observé avec la consommation en protéines et le statut d'obésité, ces deux variables avaient un effet indépendant et non additif sur la MM. Brièvement, une participante qui avait un IMC plus élevé perdait plus de MM que celle avec un IMC plus bas. De plus, les participantes ayant un IMC plus élevé et une diète FP perdaient plus de MM que celles avec une diète RP. Pour une perte de poids similaire entre les groupes, la perte de MM était significativement moindre pour le groupe RP. Globalement, le groupe « obèse avec une diète FP » a expérimenté la perte de MM moyenne la plus importante ( $-3,6 \pm 0,6$  kg), suivi des groupes « obèse avec une diète RP » ( $-2,1 \pm 0,4$  kg), « pré-obèse avec une diète FP » ( $-1,7 \pm 0,5$  kg) et « pré-obèse avec une diète RP » ( $-0,7 \pm 0,3$  kg) (Leidy et al., 2007). Les femmes avec une diète hypocalorique RP supérieure à 1,4 g/kg/jour ont donc bénéficié d'une meilleure préservation de la MM. De plus, les groupes avec des participantes obèses ont eu des pertes moyennes de MM plus importantes que pour les groupes composés de sujets ayant un  $IMC \leq 30$  kg/m<sup>2</sup>. La différence entre les groupes pourrait être en lien avec une oxydation des lipides diminuée à la suite d'une consommation d'un repas riche en glucides (Marques-Lopes, Ansorena, Astiasaran, Forga, & Martinez, 2001). Selon les auteurs de l'article, la réponse de la MM serait le reflet de différences métaboliques entre les groupes (Leidy et al., 2007).

Layman et coll. ont observé une perte modérée de la MM avec une diète RP (Layman et al., 2003). La comparaison entre les deux types de diète a permis d'observer une perte de poids majoritairement composée de MG pour le groupe RP selon le ratio

MG/MM (voir Tableau annexe A). Toutefois, en ce qui a trait à la perte de MM, elle était diminuée avec la diète RP, mais pas significativement différente entre les deux groupes (Layman et al., 2003). Une autre étude n'a pas démontré d'effet significatif pour la rétention de la MM avec une diète RP (Pasiakos et al., 2013). Dans l'étude de Pasiakos et al. de 2013, réalisée chez des hommes et des femmes, on observe une perte de MG significativement différente entre les groupes ayant des apports en protéines de 0,8, 1,6 et 2,4 g/kg/jour. Cependant, aucun changement significatif n'a été démontré pour la MM entre les groupes (Pasiakos et al., 2013). Les auteurs mentionnent que la perte de MM n'était pas différente entre les diètes comprenant 1,6 et 2,4 g/kg/jour, mais ils ne font pas état de la différence avec la diète à 0,8 g/kg/jour.

Globalement, hormis une étude, les différentes études démontrent des résultats similaires; c'est-à-dire qu'une diète riche en protéines aurait un impact positif sur la rétention de MM lors d'un programme de restriction calorique sans exercice. Mais qu'en est-il lorsqu'un programme d'entraînement en résistance est combiné à ce genre de diètes hypocaloriques contrôlées pour l'apport en protéines? C'est ce que nous aborderons dans la section suivante.

### 3. DIÈTES HYPOCALORIQUES, EXERCICES EN RÉSISTANCE ET COMPOSITION CORPORELLE

Dans la section précédente, nous avons fait état des résultats d'études portant sur les effets des diètes hypocaloriques seules sur la composition corporelle. Dans cette section, nous nous attarderons sur les études ayant investigué les effets de diètes hypocaloriques combinées à un programme d'exercices en résistance sur la perte de poids et sur la composition corporelle.

#### ***3.1 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et poids corporel***

Une étude réalisée auprès d'hommes et de femmes sédentaires atteints de diabète de type 2 a démontré que l'ajout d'ER est favorable à la perte de poids en comparaison



aux groupes avec la diète hypocalorique seule (Wycherley et al., 2010). Les analyses révèlent une perte de poids significative pour tous les groupes (voir tableau annexe B); avec une perte de poids significativement plus importante pour le groupe RP+ER comparativement aux individus des groupes sans ER. Par contre, il n'y avait pas de différence significative entre les groupes RP+ER et FP+ER. Lors de cette étude, le type de diète (RP ou FP) n'a pas permis d'observer un effet additif sur la perte de poids. L'étude réalisée chez des femmes âgées en moyenne de 41 ans par Meckling et Sherfey (Meckling & Sherfey, 2007) a démontré des résultats similaires de ceux de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010). Cependant, un effet important était attribué à la diète RP et au programme d'ER; sans toutefois d'interaction entre les deux modalités d'intervention (Meckling & Sherfey, 2007). Deux autres études réalisées chez des femmes ont aussi démontré qu'une diète RP combinée à un ER favorisait une perte pondérale plus importante comparativement au groupe FP+ER (Kreider et al., 2011; Thomson et al., 2008). Il demeure cependant complexe de comparer les pertes de poids entre ces études puisque les protocoles diffèrent.

Meckling et coll. (Meckling & Sherfey, 2007) rapportent que les différences de perte de poids entre les groupes pourraient être le résultat d'un niveau de satiété plus élevé chez les individus suivant une diète de type RP. Les protéines ont un effet plus important sur la satiété en comparaison aux lipides et aux glucides (Batterham et al., 2006; Holt, Miller, Petocz, & Farmakalidis, 1995). Le niveau de satiété augmenté pouvait aussi mener à l'incapacité de certaines participantes à consommer tous les aliments prescrits dans une diète RP. Selon une étude par Gosby et al en 2011, la prise alimentaire serait augmentée avec un repas contenant une faible densité en protéines. À l'inverse, la prise alimentaire serait avec une diète RP (Gosby et al., 2011). Une autre explication possible est en lien avec l'effet thermique des aliments, lequel serait plus élevé avec une diète RP (Luscombe, Clifton, Noakes, Parker, & Wittert, 2002). La diète RP aurait aussi pour effet de prévenir la baisse du métabolisme de repos (Halton & Hu, 2004). Plus spécifiquement, la diète RP permettrait une meilleure rétention de la MM; ce qui aiderait au maintien du métabolisme au repos lors d'une RC (Wycherley, Moran, Clifton, Noakes, & Brinkworth, 2012).

### ***3.2 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et masse grasse***

Il a été démontré que l'ER augmente le taux de synthèse protéique du muscle et, par le fait même, augmente le gain de masse musculaire (Delshad, Ghanbarian, Mehrabi, Sarvghadi, & Ebrahim, 2013; Yarasheski et al., 1999). L'ajout de cette modalité d'intervention pourrait aider à minimiser la perte de MM et favoriser la perte de MG lors d'un programme de perte de poids avec RC (Campbell & Leidy, 2007). Suite à une étude réalisée auprès de 83 hommes et femmes divisés aléatoirement en 4 groupes (FP, RP, FP+ER et RP+ER), les résultats ont démontré que les groupes avec ER avaient une réduction favorable de la MG mais non significative, en comparaison aux groupes avec la diète seule sans combinaison d'ER (Wycherley et al., 2010). Malgré une tendance de perte de MG favorable mais non significative pour les groupes avec la diète RP, il n'y avait pas de différence pour la diminution de MG entre le groupe RP + ER et le groupe FP + ER (Wycherley et al., 2010). Lorsque combinés, les groupes avec ER et sans ER ont démontré une différence significative (Wycherley et al., 2010). Globalement, ces résultats indiquent les bienfaits potentiels de la pratique d'ER, en combinaison d'une diète hypocalorique.

Il a été démontré, dans l'étude de Layman et coll. de 2005, que la perte de poids corporelle était principalement due à la diminution de la MG (Layman et al., 2005). Cette perte de MG s'est également démontrée significativement plus importante avec la diète RP pour le groupe (RP et RP+ER) comparativement au groupe (FP et FP+ER) (Layman et al., 2005). Toutefois, les groupes avec ER ont aussi démontré des pertes de MG significatives ( $P < 0,05$ ). Les auteurs de cette étude dénotent qu'en l'absence d'un effet significatif pour l'interaction de la diète et du programme d'ER, l'effet de la diète RP et de l'ER était indépendant et additif (Layman et al., 2005). Sur la base des résultats de Wycherley et coll. de 2010 et de ceux de Layman et coll. de 2005, il semble que l'ER permet d'obtenir une perte de MG plus importante qu'une RC seule. L'étude de Meckling & Sherfey (Meckling & Sherfey, 2007) a eu la particularité d'obtenir une perte de poids provenant uniquement de la MG, qui était significative dans tous les groupes. Cette étude se démarque des études présentées ci-haut pour le maintien de la MM dans tous les groupes (FP, FP+ER, RP et RP+ER) (Meckling & Sherfey, 2007).

La perte de poids significative pour ces études d'intervention est principalement causée par une diminution significative de la MG suite à la diète RP et l'ER (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Wycherley et al., 2010). Enfin, l'étude de Meckling et Sherfey a permis d'observer une perte de poids engendrée uniquement par la perte de MG pour les groupes d'interventions, puisqu'ils n'ont subi aucune diminution de la MM. La perte de poids était significativement liée à la diète et aussi à l'ER, toutefois l'interaction entre les deux variables n'était pas significative (Meckling & Sherfey, 2007).

### ***3.3 Diètes hypocaloriques, exercices en résistance et masse maigre***

Les données indiquent que la perte de poids, sans activité physique, est associée à une diminution de la MM (Villareal, Apovian, Kushner, & Klein, 2005a). Cette perte de MM favorise une diminution du métabolisme de base (Stiegler & Cunliffe, 2006), laquelle favorise également la reprise du poids suite à l'arrêt du programme de perte de poids (Astrup et al., 1999; Flatt, 1995; Leibel, Rosenbaum, & Hirsch, 1995). L'intérêt porté aux programmes de perte de poids, ayant pour objectif le maintien de la MM, est par conséquent, tout à fait justifié. L'ER combiné à une diète comportant une quantité adéquate de protéines de haute qualité est reconnue efficace pour ralentir la progression de la sarcopénie (Campbell & Leidy, 2007). Dans les paragraphes qui suivent, nous traiterons des effets de la diète hypocalorique combinée à un programme d'ER sur la MM.

L'étude de Layman et coll., publiée en 2005, contenait un programme d'activités physiques incluant deux séances d'ER par semaine et 30 minutes de marche au moins 5 fois par semaine. Les résultats indiquent que la perte de MM était limitée avec l'ER, mais pas avec la diète RP seule (Layman et al., 2005). Le groupe diète FP seule a expérimenté une plus grande perte de MM comparativement au groupe diète RP seule. De plus, le maintien de la MM a été observé pour le groupe RP +ER en comparaison au groupe FP

sans ER. L'effet additif de la diète RP et de l'ER a ainsi été démontré sur la MM, mais pas d'interaction significative n'a été observée pour les deux modalités d'intervention.

Dans une étude randomisée, Meckling et Sherfey ont étudié des femmes pré-ménopausées (Meckling & Sherfey, 2007). Le programme d'activité physique comprenait un circuit d'exercices musculaires, à raison de 3 séances de 36 minutes par semaine. Les résultats ont démontré un maintien de la MM dans les groupes FP, FP+ER, RP, RP+ER. De plus, lorsque les données sont exprimées en % du poids corporel, les auteurs rapportent une augmentation significative de la MM. Une autre étude réalisée chez des femmes âgées en moyenne de  $29,3 \pm 0,7$  ans a démontré une perte de MM significativement plus faible pour le groupe avec la diète RP+ER comparativement aux femmes ayant seulement la diète RP (Thomson et al., 2008). Ces résultats vont à l'opposé de ceux de Wycherley et al. chez des hommes et des femmes âgés de  $56,1 \pm 7,5$  ans (Wycherley et al., 2010). Pour cette étude, aucun effet de traitement entre les groupes n'a pu être démontré (Wycherley et al., 2010). Les résultats de cette étude sont donc à contre-courant de ce que la littérature a montré jusqu'à maintenant concernant l'impact positif de la préservation de la MM lors d'une diète RP et de l'ER (Janssen, Fortier, Hudson, & Ross, 2002; Piatti et al., 1994).

Globalement, plusieurs études démontrent un effet positif de l'ER en combinaison avec une diète hypocalorique RP sur la MM (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Thomson et al., 2008). Les divergences dans les résultats entre les études peuvent être expliquées par certains facteurs comme la durée des interventions; laquelle variait de 4 (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Wycherley et al., 2010) à 6 mois (Mojtahedi et al., 2011). L'âge et le sexe des participants sont également des facteurs pouvant avoir un impact sur les résultats. De plus, les études rapportées dans la section 3 ne précisent pas le type de protéines consommées contrairement à celles de la section 2. Pour 3 des études de la deuxième section, la quantité de protéines en grammes était cependant précisée. (Farnsworth et al., 2003; Leidy et al., 2007; Noakes et al., 2005). Dans la présente section, seulement une étude précise le type de protéines que contenait le supplément (Mojtahedi et al., 2011). Un autre facteur important pouvant expliquer les

divergences entre les études est en lien avec la quantité en grammes de protéines consommée par kg de poids. Finalement, les caractéristiques des programmes d'ER (nombre de séries et de répétitions) étaient différentes selon les études.

L'ER est reconnu pour ralentir la perte de MM avec l'âge. L'impact de L'ER, lors d'une diète hypocalorique RP, est également potentiellement très intéressant compte tenu des bénéfices importants de la MM sur le profil de santé chez la personne âgée (Marzetti et al., 2008; Wolfe et al., 2008). Selon certaines études présentées dans cette section, un ER combiné à une diète hypocalorique RP serait associé à une meilleure rétention de la MM comparativement à une diète hypocalorique seule (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Thomson et al., 2008). Cependant, ce type d'étude n'a jamais été réalisé chez des femmes ménopausées et obèses.

#### 4. PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Les femmes ménopausées constituent une population encline à développer l'obésité et les conditions associées. Pour plusieurs d'entre elles, les diètes hypocaloriques sont une solution intéressante au traitement de l'obésité. Toutefois, cette solution, dans bien des cas, permet de diminuer le poids corporel, mais également la MM. Le maintien de la MM via une diète hypocalorique riche en protéines ( $\geq 1,08$  g de protéines par kg de poids total) serait une alternative intéressante chez les femmes en vieillissant (Krieger et al., 2006a). Bien que le rôle de l'entraînement en résistance sur le maintien de la MM a déjà été démontré, son impact en combinaison avec une diète hypocalorique riche en protéines d'origine animale n'a jamais été étudié chez des femmes ménopausées, obèses et sédentaires jusqu'à maintenant.

## 5. OBJECTIFS DE RECHERCHE

Vérifier l'impact d'une diète hypocalorique de 16 semaines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale par jour, combiné ou non à un entraînement en résistance, sur la composition corporelle de femmes ménopausées, obèses et sédentaires. Nous avons émis l'hypothèse principale qu'une diète riche en protéines d'origine animale en combinaison avec un programme d'ER permettra de maintenir ou même d'augmenter la MM dans le groupe ER comparativement au groupe avec restriction calorique seule.

## CHAPITRE 2-MÉTHODES ET RÉSULTATS

### Sujets

Les femmes sélectionnées pour l'étude devaient: 1) être âgées entre 60 et 75 ans, 2) présenter un IMC entre 27 et 40 kg/m<sup>2</sup>, 3) être sédentaires (< 2 fois par semaine d'exercices structurés), 4) être non-fumeuses, 5) avoir une consommation faible à modérée d'alcool ( $\leq 2$  consommations/semaine), 6) démontrer au minimum un des facteurs du syndrome métabolique selon la définition du ATPIII (Grundy et al., 2004) [circonférence de taille >88 cm; triglycérides  $\geq 1,70$  mmol/L (traitée ou non); HDL-Chol <1,29 mmol/L; pression artérielle au repos  $\geq 135/85$  mmHg (traité ou non); glycémie à jeun  $\geq 6,1$  mmol/L] ou un diagnostic de diabète de type 2], 7) médication(s) stable(s) pour les composantes du syndrome métabolique depuis au moins 6 semaines et 8) HbA1c (ou hémoglobine glycolysée) < 8%.

Les critères d'exclusion étaient: 1) plus de 3 médicaments pour contrôler la pression artérielle, 2) maladie cardiovasculaire ou maladie vasculaire périphérique dans les 3 derniers mois 3) accident vasculaire cérébral dans les 3 mois et / ou une incapacité à compléter le programme d'exercices, 4) diabète traité avec de l'insuline, 5) cancer au cours des 5 dernières années (exception pour le cancer de la peau et le cancer de la thyroïde), 6) hypertension sévère (pression sanguine au repos >160/95 mmHg non-traitée ou sous traitement stable), 7) cholestérol total >8 mmol/L, 8) triglycérides >10 mmol/L, 9) chol-LDL >4 mmol/L, 9) fluctuation du poids corporel rapportée >2 kg dans les 6 derniers mois, 10) maladie hypophysaire, et 11) insuffisance rénale (créatine <45 ml/min), 12) problèmes orthopédiques causant incapacité à terminer le programme d'exercices.

### Restriction calorique

Pour cette étude, les participantes ont été randomisées dans l'un des deux groupes (1 : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale (RC+RP) et 2 : diète hypocalorique riche en protéines

contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale + entraînement en résistance (RC+RP+ER). La diète riche en protéines comprenait 1,08 g/kg de poids en moyenne par jour.

La restriction calorique de 16 semaines correspondait à un déficit calorique de 500 kcal/jour (équivalent d'une perte d'environ 1lb par semaine) (Arguin et al., 2008; Brochu et al., 2009; Brochu et al., 2003). Pendant la durée de l'étude, les participantes ont été informées et encouragées de boire de l'eau régulièrement afin de prévenir la déshydratation et les problèmes de constipation. Le plan alimentaire quotidien pour atteindre l'objectif de perte de poids prenait en considération les habitudes alimentaires et les préférences alimentaires des participantes. Le calcul de la restriction calorique quotidienne a également été déterminé en fonction du métabolisme de repos (obtenu par calorimétrie indirecte) mesuré avant l'intervention. Le métabolisme de repos a été extrapolé sur une période de 24 heures ( $\text{kcal/min} \times 1440 \text{ min}$ , pour obtenir les besoins énergétiques de base en kcal/jour) et multiplié par un facteur d'activité physique de 1,4; ce qui correspond à un niveau sédentaire d'activité physique (Arguin et al., 2008; Brochu et al., 2009; Brochu et al., 2003). Nous avons donc obtenu une estimation de la dépense énergétique quotidienne (DEQ) (kcal/jour) pour chaque participante. Le plan alimentaire a été calculé en fonction de cette (DÉQ) soit; la DÉQ moins 500 kcals par jour.

L'utilisation du métabolisme de repos n'est pas toujours appropriée pour déterminer l'objectif de perte de poids puisqu'il est possible que les recommandations nutritionnelles basées sur celui-ci n'induisent pas une perte de poids équivalente à 1 livre par semaine (Menozzi et al., 2000; O'Connor et al., 2010; van Dale & Saris, 1989). Afin d'éviter cette problématique potentielle, deux stratégies ont été utilisées. La première était le réajustement de la restriction calorique par la nutritionniste lors des rencontres nutritionnelles aux deux semaines. À cet effet, chaque participante devait remplir un journal alimentaire quotidien et ce tout au long du programme de perte de poids. Elles devaient apporter ce journal alimentaire quotidien lors des rencontres nutritionnelles. La deuxième stratégie consistait à mesurer le métabolisme de repos et de la composition corporelle (par DXA) à mi-chemin (12<sup>ème</sup> semaine) pendant l'intervention. Ces deux stratégies ont permis d'ajuster la restriction calorique rapidement, lorsque nécessaire.



Deux fois par mois, et ce, tout au long du programme de perte de poids, les participantes étaient invitées à participer à une présentation tenue par la nutritionniste sur un sujet en lien avec l'adoption de saines habitudes alimentaires. Les deux groupes assistaient aux mêmes rencontres. Ces présentations permettaient de faire le suivi du poids des participantes, de répondre à leurs questions en lien avec le programme et d'ajuster le plan alimentaire au besoin. Il n'y a pas eu de présentation spécifique en lien avec les protéines et l'activité physique afin d'éviter un biais. Les rencontres nutritionnelles étaient au même moment pour les deux groupes. Ces rencontres avaient pour buts de motiver les participantes et de favoriser les échanges entre elles.

L'intervention alimentaire était basée sur le Guide alimentaire canadien (Canada. Santé Canada, 2007). Pour les besoins de l'étude, nous avons ajouté une supplémentation quotidienne de 25 grammes de protéines animales par jour. La supplémentation quotidienne de protéines correspondait à l'ajout d'une portion de produit laitier d'origine animale faible en gras et de 2 oz de viande maigre ou de fromages faibles en gras. Cette supplémentation visait à fournir une quantité optimale en acides aminés essentiels afin de permettre l'anabolisme des protéines et d'éviter la réduction de la MM. La prescription du plan alimentaire contenait en moyenne 1,27 g de protéines par kg de poids, par jour.

Le plan alimentaire des participantes était composé en moyenne de 4 portions de lait et substituts, de 6 oz de viande maigre et substituts et d'un minimum de 5 portions de fruits et légumes par jour. Finalement, les produits céréaliers et les matières grasses étaient ajoutés au plan alimentaire afin de respecter la quantité d'énergie prévue pour atteindre les objectifs de perte de poids et de respecter l'étendue des valeurs acceptables de macronutriments ÉVA (Canada, 2012b). La répartition énergétique quotidienne correspondait à environ 20 à 30% de protéines, 45 à 50% de glucides, 25 à 30% de lipides, tout dépendant des sujets.

Une collation journalière comportant la moitié de la supplémentation en protéines d'origine animale devait être consommée par toutes les participantes. Un guide comprenant des exemples de collations de 12,5 g de protéines était remis à chaque participante en début d'intervention pour faciliter les choix et l'adhérence au protocole. À noter que les participantes du groupe, ayant un programme d'entraînement en résistance,

devaient prendre leur collation à l'intérieur d'une fenêtre de deux heures suivant l'entraînement afin de maximiser les effets potentiels sur la masse musculaire (Esmarck et al., 2001; Koopman & van Loon, 2009; Tang & Phillips, 2009). Selon l'étude d'Esmarck et al. en 2001, une consommation de 10g de protéines à la suite d'un ER permet d'observer des gains de masse et de force musculaire significatifs chez des personnes âgées (Esmarck et al., 2001).

### **Entraînement en résistance (ER)**

Les participantes du groupe avec l'entraînement en résistance devaient s'entraîner trois fois par semaine (jours non consécutifs) sous la supervision de kinésiologues. Le programme d'entraînement en résistance prévoyait une période d'initiation de deux semaines (8 à 15 répétitions par série); laquelle comprenait des exercices de faible résistance pour permettre aux participantes d'apprendre les bonnes techniques d'entraînement et pour minimiser les risques de blessure. Ce type d'exercice peut être utilisé pour augmenter la masse, l'endurance, la force et la puissance musculaire chez les personnes âgées (Fiatarone et al., 1990). À la première semaine de l'intervention, les participantes devaient en plus effectuer un test de répétitions maximales (1-RM) au *bench press* et au *leg press*. Le test du 1-RM représente la charge maximale qu'un participant peut déplacer en utilisant une technique appropriée pour une répétition seulement. Ce test vise à mesurer la force maximale et faire la planification de l'entraînement. Enfin, les participantes devaient exécuter le test du 1-RM une fois par mois dans le but 1) d'ajuster le plan d'entraînement au besoin et 2) de mesurer les augmentations de la force. Après la phase d'initiation, les participantes devaient s'entraîner entre 60 et 80% de leur 1-RM (soit entre 8 et 12 répétitions par série pour le haut du corps et 12 à 15 pour le bas du corps et ce, pour le reste de l'étude).

Les séances d'entraînement étaient d'une durée de 1 heure, en moyenne. Les séances débutaient par une période d'échauffement de 5 minutes à faible intensité sur tapis roulant ou sur une bicyclette ergométrique. Le programme d'entraînement en résistance était composé de 7 exercices; à raison de 2 séries de 8 à 12 répétitions par

exercice. Une pause de 60-90 secondes était prise entre les séries. Le groupe RC+RP+ER a été supervisé par les mêmes kinésiothérapeutes tout au long du programme.

### **Période de stabilisation du poids**

Les participantes devaient avoir un poids stable pendant 4 semaines avant et après l'intervention ( $\pm 1$  kg). Cette stabilisation du poids avait pour but d'éliminer les effets aigus de la restriction calorique sur les variables mesurées (Ades et al., 2003; Brochu et al., 2009; Weinsier et al., 2000).

### **Apports alimentaires**

L'apport alimentaire en énergie, en macronutriments et en micronutriments a été estimé à l'aide d'un journal alimentaire de 3 jours (2 jours de semaine et 1 journée de fin de semaine); tel que décrit précédemment (Menozzi et al., 2000). Les journaux alimentaires ont été complétés dans le but d'estimer l'apport alimentaire avant et après l'intervention. Le premier journal alimentaire devait être complété dans la troisième semaine de testing, avant d'entreprendre le programme de perte de poids. Le second journal alimentaire devait être complété lors de la 20<sup>ième</sup> semaine, c'est-à-dire lors de la dernière semaine d'intervention (phase de perte de poids). Les journaux alimentaires ont été compilés à l'aide de l'application web Nutrific avec la version du Fichier alimentaire canadien de 2010 (Université Laval, Québec, Canada).

### **Mesures anthropométriques et composition corporelle**

Le poids a été mesuré à l'aide d'une balance calibrée au 0,2 kg le plus près (SECA707, Hambourg, Germany), et la taille a été mesurée à l'aide d'un stadiomètre (Takei, Tokyo, Japan). Par la suite, l'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé selon la formule suivante : poids corporel (kg) / taille<sup>2</sup> (m). La circonférence de taille a également été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer.

Les valeurs de masse grasse totale (MG totale), du pourcentage de masse grasse (% MG) et de masse maigre (MM) ont été obtenues par absorption bi-photonique à rayons X (DXA) (General Electric Lunar Prodigy, Madison, WI; software version 6.10.019), telles que décrites précédemment (Brochu et al., 2008; Brochu et al., 2003). Cet appareil permet aussi la régionalisation des données de composition corporelle (tronc, membres supérieurs et inférieurs) (Brochu et al., 2009). La prise de mesure avec le DXA a été réalisée au début (semaine 1), à la moitié (semaine 12) et à la fin de l'intervention (semaine 22).

Lors de la réalisation de ce test, les participantes portaient une chemise d'hôpital et devaient être allongées. Dans notre laboratoire, les coefficients de corrélation intra-class test-retest pour la MG et la MM sont respectivement de 0,9 % et de 0,4% (n= 10) (Aubertin-Leheudre, Audet, Goulet, & Dionne, 2005). La calibration de l'appareil était exécutée à chaque jour.

Pour les fins de cette étude, l'indice MG (IMG totale) et de MM totale (IMM totale) ont été calculés selon l'équation suivante :  $[IMM \text{ ou } IMG \text{ totale} / \text{taille}^2 \text{ (m)}]$  (sans inclure la masse osseuse dans le calcul). L'utilisation de l'IMM est justifiée par le fait que la MM est significativement corrélée avec la grandeur dans notre étude (r entre 0,53 et 0,60;  $P < 0,0001$ ) (données non présentées).

### **Mesure du métabolisme de repos**

Le métabolisme de repos (MR) était mesuré par calorimétrie indirecte (CCM Express, Medgraphics cardiorespiratory diagnostics) sur une période de 30 minutes. Les mesures des concentrations d'oxygène ( $O_2$ ) et de gaz dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) ont été utilisées pour déterminer le MR sur 24h à l'aide de l'équation de Weir (Weir, 1990). Avant le test, les participantes avaient été informées de : 1) jeuner et boire uniquement de l'eau 12 h avant le test, 2) ne pas consommer de boissons stimulantes affectant le métabolisme au repos, 3) ne pas de fumer 24 h avant le test, 3) restreindre la pratique d'activités physiques 24 h avant le test, 4) faire le minimum d'activité physique le matin du test. Les mesures étaient prises lorsque les participantes étaient allongées, sans parler ni dormir et avec un minimum de mouvements. Lors de ce test, le visage de la

participante était couvert avec un masque relié à un analyseur de gaz calibré selon les instructions du fabricant. Les participantes étaient informées de maintenir un rythme respiratoire normal et de maintenir une position immobile jusqu'à la fin du test. La température de la salle de test était maintenue à une température moyenne de 22°C. Le coefficient de variation (CV) pour le RMR mesuré par calorimétrie indirecte est de 1,5% dans notre laboratoire.

### **Analyses statistiques**

Les résultats sont présentés selon la moyenne  $\pm$  l'écart-type. Des tests non paramétriques ont été réalisés, compte tenu du nombre de sujets dans chaque groupe. Le test *U* de *Mann Whitney* a été utilisé afin de comparer les moyennes entre les deux groupes. Le test de *Wilcoxon* a été réalisé pour l'ensemble des sujets et pour les groupes séparés pour vérifier l'effet du traitement pour chaque variable d'intérêt. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 17.0 pour Windows (SPSS, Chicago, IL). Le seuil de signification a été fixé à  $P \leq 0,05$ .

**Titre:** Effets d'une diète hypocalorique contrôlée en protéines lors d'un programme de perte de poids combinée ou non à un entraînement musculaire sur la composition corporelle chez des femmes ménopausées, obèses et sédentaires. Projet pilote

**Auteurs :** A. Therriault<sup>1-2</sup>, Isabelle J. Dionne<sup>1-2</sup>, M.Brochu<sup>1-2</sup>

**Affiliation :** <sup>1</sup> Université de Sherbrooke, Faculté des sciences de l'activité physique; <sup>2</sup> Centre de santé et de services sociaux-Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke recherche sur le vieillissement de Sherbrooke

**Adresse pour correspondances :**

Martin Brochu, Ph.D

Centre de recherche sur le vieillissement

1036 Belvédère Sud,

Sherbrooke, Québec, Canada

Tel (819) 821-1170 #45326

Fax :(819) 829-7141

E-mail :martin.brochu@USherbrooke.ca

## Résumé

**Problématique :** La diète hypocalorique est une approche efficace pour traiter les problèmes de surpoids et d'obésité. Toutefois, cette solution est également associée à une diminution de la MM. Des données indiquent qu'une diète avec un apport optimal en protéines aiderait au maintien de la MM. Cependant, l'impact d'une diète riche en protéines en combinaison avec un entraînement en résistance n'a jamais été étudié chez des femmes ménopausées, obèses et sédentaires jusqu'à maintenant.

**Objectifs :** Examiner l'impact d'une diète riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale, combinée ou non à un entraînement en résistance, sur le poids et la composition corporelle chez des femmes ménopausées, obèses et sédentaires.

**Méthodes :** Quatorze femmes ménopausées et obèses ( $65,1 \pm 2,8$  ans;  $\text{IMC } 31,9 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$ ) ont été distribuées aléatoirement dans deux groupes (1 : diète riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale et 2 : diète riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale + entraînement en résistance) et suivies sur une période de 16 semaines. Variables d'intérêt : masse grasse (MG) et masse maigre (MM) totale (par DXA), et apports alimentaires (journaux alimentaires sur 3 jours).

**Résultats :** Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes pour les variables d'intérêt au début de l'étude. Pour les deltas de changement du journal alimentaire en valeurs absolues, l'apport énergétique était significativement différent entre les deux groupes. La consommation en grammes de protéines est demeurée similaire au début et à la fin de l'intervention pour les deux groupes. Les analyses ont révélé des diminutions significatives du poids, de l'IMC, de la MG, du % MG et de l'indice de MG ( $\text{MG}/\text{taille m}^2$ ) pour chacun des groupes ( $P < 0,05$ ). Le delta de changements de la composition corporelle étaient similaire pour les deux groupes, sauf pour la perte de MG relative [ $\text{MG} / \text{sur poids initial} \times 100$ ] ( $P < 0,05$ ). Finalement, aucun changement significatif n'a été observé pour la MM et l'indice de MM ( $\text{MM}/\text{taille m}^2$ ) après l'intervention pour les deux groupes.

**Conclusion :** Les résultats démontrent qu'une diète ayant 1,27 g de protéines par kg de poids par jour (contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale) permet le maintien de la MM suite à une perte de poids associée à une diète hypocalorique seule chez les femmes ménopausées. L'ajout d'un programme d'entraînement en résistance n'a pas eu d'effet additif sur la composition corporelle dans notre étude.



## Introduction

La prévalence de l'obésité est particulièrement élevée chez les femmes ménopausées âgées entre 50 à 70 ans au Canada et aux États-Unis (Flegal, Carroll, Ogden, & Curtin, 2010; Sulander & Uutela, 2007). Plus particulièrement, environ 70 % des femmes de ce groupe d'âge seraient affectées par un problème de surpoids ou d'obésité (Flegal et al., 2010). Parallèlement, nous faisons face à une augmentation importante du vieillissement de la population (Aad et al., 2010). La ménopause et le vieillissement affectent négativement la composition corporelle chez la femme (Douchi et al., 2007; Franklin, Ploutz-Snyder, & Kanaley, 2009; Senechal et al., 2010). Parmi les changements observés, on rapporte une prise pondérale moyenne de 0,42 kg par année (Kuller, Simkin-Silverman, Wing, Meilahn, & Ives, 2001; Wing, Matthews, Kuller, Meilahn, & Plantinga, 1991), avec une redistribution du tissu adipeux au niveau de l'abdomen (plus particulièrement au niveau viscéral) (Ley, Lees, & Stevenson, 1992; Panotopoulos, Ruiz, Raison, Guy-Grand, & Basdevant, 1996; Svendsen, Hassager, & Christiansen, 1995; Tremollieres, Pouilles, & Ribot, 1996). La diminution des niveaux d'œstrogènes est une des causes de cette augmentation et de cette redistribution du tissu adipeux (Haarbo, Marslew, Gotfredsen, & Christiansen, 1991). L'augmentation de la graisse viscérale est corrélée significativement avec les altérations de l'homéostasie du glucose, du profil lipidique (Brochu, Tchernof, Turner, Ades, & Poehlman, 2003; Nicklas et al., 2003) et du profil inflammatoire (Wajchenberg, 2000). Bref, tous ces changements augmentent significativement le risque de développer le diabète de type 2 et des maladies cardiovasculaires (Bogers et al., 2007; Field et al., 2001; Visscher & Seidell, 2001)

La perte de masse musculaire avec l'âge (ou sarcopénie) est associée à une diminution de la force musculaire, du métabolisme de base et de l'oxydation des lipides; lesquels favorisent la prise de poids (Boirie, 2009b; Larson, Ferraro, Robertson, & Ravussin, 1995; Weiss et al., 2007). De plus, la perte de masse musculaire peut contribuer à la reprise du poids perdu à la suite d'un programme de perte de poids (Faria, Kelly, & Faria, 2009; Menozzi et al., 2000). Parmi les causes possibles de la sarcopénie, on rapporte la diminution 1) de l'apport en protéines alimentaires (Wolfe, Miller, & Miller, 2008), 2) de la pratique d'activités physiques (Johannsen et al., 2008; Rising et

al., 1994), 3) de la disponibilité des hormones anabolisantes (GH, IGF-1, testostérone) et 4) de la capacité physique (Boirie, 2009a; Wolfe et al., 2008).

La sarcopénie est un facteur de risque de plusieurs autres problèmes comme les fractures, les incapacités physiques, la fragilité, et les chutes (Thomas, 2007). Ces conséquences potentielles sont également associées à un risque accru de placement en foyer de soins prolongés (Wolinsky, Callahan, Fitzgerald, & Johnson, 1992), de soins à domicile (Branch et al., 1988), d'hospitalisations (Ferrucci, Guralnik, Pahor, Corti, & Havlik, 1997), de dépenses liées aux soins en réadaptation (Fried, Bradley, Williams, & Tinetti, 2001; Rice & LaPlante, 1992) et de mortalité prématurée (Guralnik et al., 2000).

La restriction calorique (RC) est reconnue comme une stratégie efficace en prévention primaire et secondaire des maladies métaboliques (Aad et al., 2014). Cependant, elle entraîne généralement une diminution concomitante de la MM; laquelle correspond à environ 20% de la perte de poids (Gallagher et al., 2000), tout dépendant du type de diète (Hu et al., 2010). Ceci pourrait ainsi augmenter le risque de sarcopénie chez les personnes âgées (Boirie, 2009a). Fait intéressant : des données indiquent qu'une diète riche en protéines pourrait avoir un impact favorable sur la rétention de MM lors d'une RC volontaire visant la perte de poids (Bopp et al., 2008; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2005; Leidy, Carnell, Mattes, & Campbell, 2007; Pasiakos et al., 2013). Une récente méta-analyse a permis de conclure qu'une diète hypocalorique riche en protéines (RP) permet de conserver la MM lors d'un programme de perte de poids chez les 50 ans et plus (Jung Eun Kim, 2014). Compte tenu des bénéfices importants de la MM sur le profil de santé chez les personnes âgées; meilleure force musculaire, diminution du risque de dépendance physique, diminution du nombre d'hospitalisations, meilleure capacité fonctionnelle, (Marzetti et al., 2008; Wolfe et al., 2008), des stratégies d'intervention favorisant le maintien de celle-ci lors d'une diète hypocalorique seraient tout indiquées (Wolfe et al., 2008). Selon certaines études, une diète hypocalorique RP combinée à un entraînement en résistance serait associée à une meilleure rétention de la MM comparativement aux gens suivant une diète hypocalorique seule (Tay, Brinkworth, Noakes, Keogh, & Clifton, 2008; Whitney & Rolfes, 2008). Des études avec divers protocoles combinant l'entraînement en résistance (ER) et des combinaisons différentes

en macronutriments tels des diète RP ou FP ont déjà été réalisées (Bopp et al., 2008; Gordon et al., 2008; Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Mojtahedi et al., 2011; Wycherley et al., 2010). Bien que le rôle de l'ER sur le maintien de la MM ait déjà été démontré, son impact en combinaison avec une diète hypocalorique RP n'a jamais été étudié chez des femmes ménopausées, obèses et sédentaires jusqu'à maintenant.

## **Méthodologie**

### **Sujets**

Les femmes sélectionnées pour l'études devaient: 1) être âgées entre 60 et 75 ans, 2) présenter un IMC entre 27 et 40 kg/m<sup>2</sup>, 3) être sédentaires (< 2 fois par semaine d'exercices structurés), 4) être non-fumeuses, 5) avoir une consommation faible à modérée d'alcool ( $\leq 2$  consommations/semaine), 6) démontrer au minimum un des facteurs du syndrome métabolique selon la définition du ATPIII (Grundy et al., 2004) [circonférence de taille >88 cm; triglycérides  $\geq 1,70$  mmol/L (traitée ou non); HDL-Chol <1,29 mmol/L; pression artérielle au repos  $\geq 135/85$  mmHg (traité ou non); glycémie à jeun  $\geq 6,1$  mmol/L] ou un diagnostic de diabète de type 2], 7) médication(s) stable(s) pour les composantes du syndrome métabolique depuis au moins 6 semaines et 8) HbA1c (ou hémoglobine glycolysée) < 8%.

Les critères d'exclusion étaient: 1) plus de 3 médicaments pour contrôler la pression artérielle, 2) maladie cardiovasculaire ou maladie vasculaire périphérique dans les 3 derniers mois 3) accident vasculaire cérébral dans les 3 mois et / ou une incapacité à compléter le programme d'exercices, 4) diabète traité avec de l'insuline, 5) cancer au cours des 5 dernières années (exception pour le cancer de la peau et le cancer de la thyroïde), 6) hypertension sévère (pression sanguine au repos >160/95 mmHg non-traitée ou sous traitement stable), 7) cholestérol total >8 mmol/L, 8) triglycérides >10 mmol/L, 9) chol-LDL >4 mmol/L, 10) fluctuation du poids corporel rapportée >2 kg dans les 6 derniers mois, 11) maladie hypophysaire, et 12) insuffisance rénale (créatine <45 ml/min), 13) problèmes orthopédiques causant incapacité à terminer le programme d'exercices.

## Restriction calorique

Pour cette étude, les participantes ont été randomisées dans l'un des deux groupes (1 : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale (RC+RP) et 2 : diète hypocalorique riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale + entraînement en résistance (RC+RP+ER). La diète riche en protéines comprenait 1,08 g/kg de poids en moyenne par jour.

La restriction calorique de 16 semaines correspondait à un déficit calorique de 500 kcal/jour (équivalent d'une perte d'environ 1lb par semaine) (Arguin et al., 2008; Brochu et al., 2009; Brochu et al., 2003). Pendant la durée de l'étude, les participantes ont été informées et encouragées de boire de l'eau régulièrement afin de prévenir la déshydratation et les problèmes de constipation. Le plan alimentaire quotidien pour atteindre l'objectif de perte de poids prenait en considération les habitudes alimentaires et les préférences alimentaires des participantes. Le calcul de la restriction calorique quotidienne a également été déterminé en fonction du métabolisme de repos (obtenu par calorimétrie indirecte) mesuré avant l'intervention. Le métabolisme de repos a été extrapolé sur une période de 24 heures (kcal/min X 1440 min, pour obtenir les besoins énergétiques de base en kcal/jour) et multiplié par un facteur d'activité physique de 1,4; ce qui correspond à un niveau sédentaire d'activité physique (Arguin et al., 2008; Brochu et al., 2009; Brochu et al., 2003). Nous avons donc obtenu une estimation de la dépense énergétique quotidienne (DEQ) (kcal/jour) pour chaque au début de l'étude. Le plan alimentaire a été calculé en fonction de cette (DÉQ) soit; la DÉQ moins 500 kcals par jour.

L'utilisation du métabolisme de repos n'est pas toujours appropriée pour déterminer l'objectif de perte de poids puisqu'il est possible que les recommandations nutritionnelles basées sur celui-ci n'induisent pas une perte de poids équivalente à 1 livre par semaine (Menozzi et al., 2000; O'Connor et al., 2010; van Dale & Saris, 1989). Afin d'éviter cette problématique potentielle, deux stratégies ont été utilisées. La première était le réajustement de la restriction calorique par la nutritionniste lors des rencontres nutritionnelles aux deux semaines. À cet effet, chaque participante devait remplir un

journal alimentaire quotidien et ce tout au long du programme de perte de poids. Elles devaient apporter ce journal alimentaire quotidien lors des rencontres nutritionnelles. La deuxième stratégie consistait à mesurer le métabolisme de repos et de la composition corporelle (par DXA) à mi-chemin (12<sup>ème</sup> semaine) pendant l'intervention. Ces deux stratégies ont permis d'ajuster la restriction calorique rapidement, lorsque nécessaire.

Deux fois par mois, et ce, tout au long du programme de perte de poids, les participantes étaient invitées à participer à une présentation tenue par la nutritionniste sur un sujet en lien avec l'adoption de saines habitudes alimentaires. Les deux groupes assistaient aux mêmes rencontres. Ces présentations permettaient de faire le suivi du poids des participantes, de répondre à leurs questions en lien avec le programme et d'ajuster le plan alimentaire au besoin. Il n'y a pas eu de présentation spécifique en lien avec les protéines et l'activité physique afin d'éviter un biais. Les rencontres nutritionnelles étaient au même moment pour les deux groupes. Ces rencontres avaient pour but de motiver les participantes et de favoriser les échanges entre elles.

L'intervention alimentaire était basée sur le Guide alimentaire canadien (Canada. Santé Canada, 2007). Pour les besoins de l'étude, nous avons ajouté une supplémentation quotidienne de 25 grammes de protéines animales par jour. La supplémentation quotidienne de protéines correspondait à l'ajout d'une portion de produits laitiers d'origine animale faible en gras et de 2 oz de viande maigre ou de fromages faibles en gras. Cette supplémentation visait à fournir une quantité optimale en acides aminés essentiels afin de permettre l'anabolisme des protéines et d'éviter la réduction de la MM. La prescription du plan alimentaire contenait en moyenne 1,27 g de protéines par kg de poids, par jour.

Le plan alimentaire des participantes était composé en moyenne de 4 portions de lait et substituts, de 6 oz de viande maigre et substituts et d'un minimum de 5 portions de fruits et légumes par jour. Finalement, les produits céréaliers et les matières grasses étaient ajoutés au plan alimentaire afin de respecter la quantité d'énergie prévue pour atteindre les objectifs de perte de poids et de respecter l'étendue des valeurs acceptables de macronutriments ÉVA (Canada, 2012). La répartition énergétique quotidienne

correspondait à environ 20 à 30% de protéines, 45 à 50% de glucides, 25 à 30% de lipides, tout dépendant des sujets.

Une collation journalière comportant la moitié de la supplémentation en protéines d'origine animale devait être consommée par toutes les participantes. Un guide comprenant des exemples de collations de 12,5 g de protéines était remis à chaque participante en début d'intervention pour faciliter les choix et l'adhérence au protocole. À noter que les participantes du groupe, ayant un programme d'entraînement en résistance, devaient prendre leur collation à l'intérieur d'une fenêtre de deux heures suivant l'entraînement afin de maximiser les effets potentiels sur la masse musculaire (Esmarck et al., 2001; Koopman & van Loon, 2009; Tang & Phillips, 2009). Selon l'étude d'Esmarck et al. en 2001, une consommation de 10g de protéines à la suite d'un ER permet d'observer des gains de masse et de force musculaire significatifs chez des personnes âgées (Esmarck et al., 2001).

### **Entraînement en résistance (ER)**

Les participantes du groupe avec l'entraînement en résistance devaient s'entraîner trois fois par semaine (jours non consécutifs) sous la supervision de kinésiologues. Le programme d'entraînement en résistance prévoyait une période d'initiation de deux semaines (8 à 15 répétitions par série); laquelle comprenait des exercices de faible résistance pour permettre aux participantes d'apprendre les bonnes techniques d'entraînement et pour minimiser les risques de blessures. Ce type d'exercice peut être utilisé pour augmenter la masse, l'endurance, la force et la puissance musculaire chez les personnes âgées (Fiatarone et al., 1990). À la première semaine de l'intervention, les participantes devaient en plus effectuer un test de répétitions maximales (1-RM) au *bench press* et au *leg press*. Le test du 1-RM représente la charge maximale qu'un participant peut déplacer en utilisant une technique appropriée pour une répétition seulement. Ce test vise à mesurer la force maximale et faire la planification de l'entraînement. Enfin, les participantes devaient exécuter le test du 1-RM une fois par mois dans le but 1) d'ajuster le plan d'entraînement au besoin et 2) de mesurer les augmentations de la force. Après la phase d'initiation, les participantes devaient s'entraîner entre 60 et 80% de leur 1-RM

(soit entre 8 et 12 répétitions par série pour le haut du corps et 12 à 15 pour le bas du corps et ce pour le reste de l'étude.

Les séances d'entraînement étaient d'une durée de 1 heure, en moyenne. Les séances débutaient par une période d'échauffement de 5 minutes de tapis roulant ou sur une bicyclette ergométrique à faible intensité. Le programme d'entraînement en résistance était composé de 7 exercices; à raison de 2 séries de 8 à 12 répétitions par exercice. Une pause de 60-90 secondes était prise entre les séries. Le groupe RC+RP+ER a été supervisé par les mêmes kinésithérapeutes tout au long du programme.

### **Période de stabilisation du poids**

Les participantes devaient avoir un poids stable pendant 4 semaines avant et après l'intervention ( $\pm 1$  kg). Cette stabilisation du poids avait pour but d'éliminer les effets aigus de la restriction calorique sur les variables mesurées (Ades et al., 2003; Brochu et al., 2009; Weinsier et al., 2000).

### **Apports alimentaires**

L'apport alimentaire en énergie, en macronutriments et en micronutriments a été estimé à l'aide d'un journal alimentaire de 3 jours (2 jours de semaine et 1 journée de fin de semaine); tel que décrit précédemment (Menozzi et al., 2000). Les journaux alimentaires ont été complétés dans le but d'estimer l'apport alimentaire avant et après l'intervention. Le premier journal alimentaire devait être complété dans la troisième semaine, juste avant d'entreprendre le programme de perte de poids. Le second journal alimentaire devait être complété lors de la 20<sup>ième</sup> semaine, c'est-à-dire lors de la dernière semaine d'intervention (phase de perte de poids). Les journaux alimentaires ont été compilés à l'aide de l'application web Nutrific avec la version du Fichier alimentaire canadien de 2010 (Université Laval, Québec, Canada).

## Mesures anthropométriques et composition corporelle

Le poids a été mesuré à l'aide d'une balance calibrée au 0,2 kg le plus près (SECA707, Hambourg, Germany), et la taille a été mesurée à l'aide d'un stadiomètre (Takei, Tokyo, Japan). Par la suite, l'indice de masse corporel (IMC) a été calculé selon la formule suivante : poids corporel (kg) / taille<sup>2</sup> (m). La circonférence de taille a également été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer.

Les valeurs de masse grasse totale (MG totale), du pourcentage de masse grasse (% MG) et de masse maigre (MM) ont été obtenues par absorption bi-photonique à rayons X (DXA) (General Electric Lunar Prodigy, Madison, WI; software version 6.10.019), telles que décrites précédemment (Brochu et al., 2008; Brochu et al., 2003). Cet appareil permet aussi la régionalisation des données de composition corporelle (tronc, membres supérieurs et inférieurs) (Brochu et al., 2009). La prise de mesure avec le DXA a été réalisée au début (semaine 1), à la moitié (semaine 12) et à la fin de l'intervention (semaine 22).

Lors de la réalisation de ce test, les participantes portaient une chemise d'hôpital et devaient être allongées. Dans notre laboratoire, les coefficients de corrélation intra-class test-retest pour la MG et la MM sont respectivement de 0,9 % et de 0,4% (n= 10) (Aubertin-Leheudre, Audet, Goulet, & Dionne, 2005). La calibration de l'appareil était exécutée à chaque jour.

Pour les fins de cette étude, l'indice de MG (IMG totale) et de MM totale (IMM totale) ont été calculés selon l'équation suivante : [IMM ou IMG totale / taille<sup>2</sup> (m)] (sans inclure la masse osseuse dans le calcul). L'utilisation de l'IMM est justifiée par le fait que la MM est significativement corrélée avec la grandeur dans notre étude (r entre 0,53 et 0,60; P< 0,0001) (données non présentées).

## Mesure du métabolisme de repos

Le métabolisme de repos (MR) était mesuré par calorimétrie indirecte (CCM Express, Medgraphics cardiorespiratory diagnostics) sur une période de 30 minutes. Les mesures des concentrations d'oxygène (O<sub>2</sub>) et de gaz dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ont été



utilisées pour déterminer le MR sur 24h à l'aide de l'équation de Weir (Weir, 1990). Avant le test, les participantes avaient été informées de : 1) jeuner et boire uniquement de l'eau 12 h avant le test, 2) ne pas consommer de boissons stimulantes affectant le métabolisme au repos, 3) ne pas de fumer 24 h avant le test, 3) restreindre la pratique d'activités physiques 24 h avant le test, 4) faire le minimum d'activités physiques le matin du test. Les mesures étaient prises lorsque les participantes étaient allongées, sans parler ni dormir et avec un minimum de mouvements. Lors de ce test, le visage de la participante était couvert avec un masque relié à un analyseur de gaz calibré selon les instructions du fabricant. Les participantes étaient informées de maintenir un rythme respiratoire normal et de maintenir une position immobile jusqu'à la fin du test. La température de la salle de test était maintenue à une température moyenne de 22°C. Le coefficient de variation (CV) pour le RMR mesuré par calorimétrie indirecte est de 1,5% dans notre laboratoire.

### **Analyses statistiques**

Les résultats sont présentés selon la moyenne  $\pm$  l'écart-type. Des tests non paramétriques ont été réalisés, compte tenu du nombre de sujets dans chaque groupe. Le test U de Mann Whitney a été utilisé afin de comparer les moyennes entre les deux groupes. Le test de Wilcoxon a été réalisé pour l'ensemble des sujets et pour les groupes séparés pour vérifier l'effet du traitement pour chaque variable d'intérêt. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 17.0 pour Windows (SPSS, Chicago, IL). Le seuil de signification a été fixé à  $P \leq 0,05$ .

## Résultats

### Composition corporelle (Tableau 1)

Les valeurs de la composition corporelle sont présentées dans le Tableau 1. Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes au début de l'étude pour le poids, l'IMC, le % MG, la MG totale, l'IMG totale, la MM et l'IMM totale.

Les analyses ont révélé des diminutions significatives du poids, de l'IMC, de la MG, du %MG et de l'IMG pour chacun des groupes séparément ( $P < 0,05$ ), ainsi que pour les deux groupes confondus ( $P < 0,05$ ). Enfin, seulement le delta % MG s'est révélé être significativement différent entre les groupes en faveur du groupe RC+RP ( $P < 0,05$ ).

### Apport alimentaire (Tableau 2)

Une différence significative pour les deltas d'apport énergétique total quotidien a été observée entre les deux groupes, ainsi que pour l'apport moyen en protéines, glucides et lipides (données non présentées). Pour les groupes confondus et aussi pour le groupe RC+RP+ER, les analyses révèlent une diminution significative pour l'apport énergétique total quotidien, les matières grasses (g et %) et les glucides (g) à la suite de l'intervention. Bien que l'apport en grammes de glucides ait diminué de façon significative, le % de l'apport énergétique sous forme de glucides a cependant augmenté de façon significative dans le groupe RC+RP+ER et pour les deux groupes combinés. Pour le groupe RC+RP, seulement l'apport énergétique total quotidien et la quantité de matières grasses (g) ont significativement diminué après l'intervention. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux temps de mesure pour les protéines (g et %), les glucides (g et %) et les matières grasses (%). Fait intéressant, la consommation de protéines (g) n'était pas significativement différente entre le début et la fin de l'intervention pour les deux groupes, ainsi que pour les groupes combinés. Par contre, l'apport en % de protéines s'est révélé significativement augmenté pour le groupe RC+RP+ER ainsi que pour les deux groupes combinés.

## Discussion

Nos résultats ont démontré que l'entraînement en résistance en ajout à une restriction calorique riche en protéines d'origine animale n'est pas associé à une rétention plus importante de la MM comparativement à une diète hypocalorique seule également enrichie en protéines d'origine animale. En fait, les deux interventions ont eu le même effet sur la MM. Bien que nous n'ayons pas de groupe contrôle FP, nos résultats sont en accord avec ceux de Meckling & Sherfey (Meckling & Sherfey, 2007). La similitude des résultats provient de la diminution de la MG et du maintien de la MM. Lors de cette étude (Meckling & Sherfey, 2007), la diète RP en combinaison de l'ER n'a pas favorisé un meilleur maintien de la MM en comparaison du groupe ayant seulement la diète RP (Meckling & Sherfey, 2007).

Dans notre étude, le programme d'ER pratiqué à raison de trois fois par semaine (avec un taux de participation minimum de 85% n'a pas eu d'effet additif sur le maintien de la MM pour le groupe RC+RP+ER contrairement à ce qui a été observé dans deux autres études (Layman et al., 2005; Wycherley et al., 2010). Toutefois, des résultats similaires ont également été observés dans deux méta-analyses (Jung Eun Kim, 2014; Krieger, Sitren, Daniels, & Langkamp-Henken, 2006). Selon les auteurs de l'une de ces méta-analyses, une diète riche en protéines entre 1,04-1,89 g/kg de poids permettrait aux gens de 50 ans et plus de maintenir leur MM à la suite d'un programme de perte de poids (Jung Eun Kim, 2014).

Dans notre étude, l'apport protéique moyen des participantes était de  $1,56 \pm 0,22$  g/kg de poids idéal pour les deux groupes, ou l'équivalent de  $1,08 \pm 0,16$  g/kg de poids total. L'analyse des journaux alimentaires a permis de constater que l'apport moyen en protéines prescrit dans le plan alimentaire (1,27 g par kg de poids) n'a pas été respecté en général. Toutefois, tel que démontré dans la méta-analyse de Krieger et coll. en 2006, le maintien de la MM tend à être supérieur avec une diète contenant une quantité supérieure à 1,05 g/kg du poids corporel total (Krieger et al., 2006). Fait intéressant, la consommation quotidienne moyenne en protéines en grammes était similaire au début et à la fin de l'intervention pour les deux groupes, et ce malgré la restriction calorique. En

d'autres mots, malgré un déficit énergétique significatif, l'intervention nutritionnelle a permis aux participantes de maintenir un apport protéique correspondant à leurs habitudes au début de l'intervention (Tableau 2). Il faut néanmoins préciser que les deux groupes ne présentaient pas de différence significative pour la consommation en macronutriments avant de débiter l'intervention. Malgré une intervention nutritionnelle similaire, le groupe RC+RP a démontré une diminution significative de l'apport en matières grasses (en %). Le % de matières grasses par rapport au % de l'apport énergétique total est la seule valeur des apports alimentaires pour laquelle un changement significatif entre les deux temps de mesure a été observé pour ce groupe. Bref, la consommation en glucides (g et %) et en protéines (g et %) n'a pas été modifiée significativement chez nos participantes (Tableau 2). Pour le groupe RC+RP+ER, une augmentation significative du % de l'apport énergétique en protéines et en glucides a été observée après l'intervention, ainsi qu'une diminution de l'apport de matières grasses en %. Par contre, la quantité de protéines absolue (en grammes) est demeurée sensiblement la même qu'au début de l'étude. Malgré une augmentation du % de l'apport quotidien en glucides, la quantité totale de glucides (en grammes) a diminué significativement. Enfin, la quantité de matières grasses en grammes a aussi diminué significativement après l'intervention. Le déficit énergétique pour le groupe RC+RP+ER semble donc être lié plus particulièrement à une diminution des apports en glucides et en matières grasses. Ces observations, en lien avec l'analyse des journaux alimentaires, permettent de faire ressortir un apport protéique maintenu pendant l'étude. Il est à noter que 25 grammes de protéines d'origine animale composaient une partie de l'apport protéique total. Les protéines d'origine animale sont reconnues pour leur contenu en acides aminés essentiels (Haub, Wells, & Campbell, 2005) lesquelles jouent un rôle important dans la construction de la MM (Garlick, 2005; Volpi, Kobayashi, Sheffield-Moore, Mittendorfer, & Wolfe, 2003). Notre intervention semble donc avoir favorisée un apport minimal en protéines d'origine animal, et par le fait même d'acides aminés essentiels, permettant la synthèse protéique.

Les deux interventions ont permis une perte de poids significative et similaire. Dans l'étude de Layman et coll. (Layman et al., 2005), les auteurs n'ont également pas

démontré d'effet significatif et additif d'un programme d'ER et d'une diète RP sur la perte de poids (Layman et al., 2005). Par contre des résultats contraires ont été rapportés dans l'étude de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010); laquelle a été réalisée auprès d'hommes et de femmes âgés en moyenne de  $56,1 \pm 7,5$  ans. En fait, pour une durée égale à celle de notre étude, la perte de poids était significativement différente entre le groupe RC+RP et le groupe RC+RP+ER. Les résultats de l'étude de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010) peuvent être expliqués, en partie, par le fait que leurs groupes étaient composés d'hommes et des femmes, et qu'ils présentaient un niveau d'obésité plus élevé que dans notre étude. De plus, le nombre de sujets était plus important. Finalement, les consommations moyennes en protéines de leurs participants était plus élevées (RC+RC+RP=  $119 \pm 7,8$  g/jour; RC+RP+ER=  $117 \pm 6,7$  g/jour) (Wycherley et al., 2010), comparativement à celles observées dans notre étude (RC+RP =  $87,4 \pm 13,9$  g/jour; RC+RP+ER =  $80,4 \pm 16,8$  g/jour). Toutefois, lorsque calculée en grammes par kg de poids, leur consommation en protéines ne semblait pas plus élevée que celle de notre étude.

De façon générale, les études de courte durée portant sur la perte pondérale ont démontré qu'une diminution de la quantité de glucides et une augmentation de l'apport en protéines favorisaient une perte pondérale plus importante (Layman et al., 2005; Parker, Noakes, Luscombe, & Clifton, 2002; Piatti et al., 1994; Skov, Toubro, Ronn, Holm, & Astrup, 1999; Westman, Yancy, Edman, Tomlin, & Perkins, 2002). Cette perte de poids et de MG plus importante pour les diètes RP semble être en lien avec une réduction importante des concentrations d'insuline (Wycherley et al., 2010); laquelle favorise le stockage dans le tissu adipeux (Kahn & Flier, 2000). De plus les diètes RP sont associées à une satiété plus élevée et une balance énergétique négative (Leidy et al., 2015). L'effet de satiété apporté par les protéines est supérieur à celui observé avec les glucides et les lipides (Soenen & Westerterp-Plantenga, 2008). Comme pour les études de Layman et coll. (Layman et al., 2005) et de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010), les participantes du groupe RC+RP de notre étude n'ont pas expérimenté une perte significativement plus grande de MG comparativement au groupe RC+RP+ER. Toutefois, pour le delta de changement du % MG, il y avait une diminution significativement plus importante pour

le groupe sans ER en comparaison au groupe RC+RP+ER ( $-5,10 \pm 3,58 \%$  vs  $-3,07 \pm 2,26 \%$ ;  $P= 0,05$ ).

Notre étude présente certaines limites. Premièrement, puisqu'il s'agissait d'un projet pilote, le devis expérimental ne comprend pas de groupe contrôle et de groupe FP. Deuxièmement, notre étude comporte un nombre limité de sujets. Néanmoins, cette limitation nous a permis de faire un suivi rigoureux tout au long de l'intervention et d'ajuster l'intervention nutritionnelle plus adéquatement, lorsque nécessaire. Troisièmement, bien que le journal alimentaire quotidien ait été utile pour individualiser l'intervention, un document de prise de données en lien avec les collations contenant 12 grammes de protéines suite à l'ER n'avaient pas été prévu. Cela aurait été un bon incitatif pour inscrire et prendre note des collations RP d'origine animale à l'intérieur d'une fenêtre de 2 heures suite à l'entraînement. De plus, notre protocole aurait pu prévoir la remise et la prise sur place d'une collation de 12 g de protéines d'origine animale suite à l'ER. Cette option aurait permis un suivi plus rigoureux de la prise de la collation suite à l'ER. Toutefois, l'apport minimum de 25 grammes de protéines d'origine animale a été vérifié par la nutritionniste via le journal alimentaire de 3 jours lors de l'entrée de données. Quatrièmement, le journal alimentaire quotidien n'était vérifié que si la participante en demandait la vérification pour diverses raisons; difficulté à adhérer aux recommandations, objectif de perte de poids non rencontré ou autres raisons pertinentes. Cinquièmement, la durée du journal alimentaire de 3 jours pourrait se révéler une limite, puisqu'il ne reflète pas les habitudes alimentaires sur une semaine complète. Le journal alimentaire peut aussi faire l'objet d'une sous-estimation des portions. Bien qu'en général la plupart des aliments étaient pesés, certains étaient quantifiés d'une autre façon, ce qui peut rendre le journal alimentaire moins précis. Sixièmement, bien que plusieurs moyens aient été mis en place afin que l'adhérence de la diète soit respectée, il n'en demeure pas moins que cette étude est réalisée auprès d'humains et que les données sont le résultat de ce qu'elles ont rapporté dans leur journal alimentaire de 3 jours.

Néanmoins, notre étude présente également des forces. Une des principales forces de notre étude était l'utilisation de la méthode par absorptiométrie biphotonique à rayon X «DXA». Cela nous a permis de quantifier de façon précise la mesure des variables

d'intérêt comme la MG et la MM. Une autre force de l'étude était l'utilisation du RMR, qui permettait de déterminer le métabolisme au repos sur 24h à l'aide de l'équation de Weir. Cela nous a permis de concevoir par la suite un plan alimentaire correspondant aux besoins énergétiques des participantes au début de l'étude. De plus, le journal alimentaire quotidien a permis de maximiser l'adhérence aux recommandations personnalisées des plans alimentaires. Cet outil a aussi permis d'assurer un suivi de l'adhérence à la diète à chaque semaine. Notre étude a aussi rapporté la consommation de protéines en grammes de protéines par kg de poids idéal et en gramme de protéines par kg de poids totale. Une autre force de notre étude réside dans la période où le journal alimentaire de 3 jours a été complété à la fin de l'étude. En effet, il a été rempli lors de la dernière semaine d'intervention afin qu'il reflète les habitudes alimentaires des participantes pendant le programme de RC. Notre étude tient aussi sa force dans sa transférabilité auprès de la population des femmes post-ménopausées et obèses avec des recommandations alimentaires facilement accessibles.

En conclusion, les résultats de la présente étude démontrent qu'une diète riche en protéines contenant un minimum de 25 g de protéines d'origine animale, a un impact positif sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires. Par contre, l'ajout d'un ER n'a pas d'effets additionnels sur la composition corporelle.

## Références :

- Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Abdel Khalek, S., Abdinov, O., . . . Collaboration, A. (2014). Search for quantum black hole production in high-invariant-mass lepton+jet final states using pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV and the ATLAS detector. *Phys Rev Lett*, 112(9), 091804.
- Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Abdelalim, A. A., Abdesselam, A., Abdinov, O., . . . Collaboration, A. (2010). Search for new particles in two-jet final states in 7 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector at the LHC. *Phys Rev Lett*, 105(16), 161801.
- Ades, P. A., Savage, P., Cress, M. E., Brochu, M., Lee, N. M., & Poehlman, E. T. (2003). Resistance training on physical performance in disabled older female cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc*, 35(8), 1265-1270. doi: 10.1249/01.MSS.0000079044.21828.0E
- Arguin, H., Bouchard, D. R., Labonte, M., Carpentier, A., Ardilouze, J. L., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2008). Correlation between the rate of weight loss and changes in body composition in obese postmenopausal women after 5 weeks: a pilot study. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(2), 347-355. doi: 10.1139/H08-004
- Aubertin-Leheudre, M., Audet, M., Goulet, E. D., & Dionne, I. J. (2005). HRT provides no additional beneficial effect on sarcopenia in physically active postmenopausal women: a cross-sectional, observational study. *Maturitas*, 51(2), 140-145. doi: 10.1016/j.maturitas.2004.06.017
- Bogers, R. P., Bemelmans, W. J., Hoogenveen, R. T., Boshuizen, H. C., Woodward, M., Knekt, P., . . . Shipley, M. J. (2007). Association of overweight with increased risk of coronary heart disease partly independent of blood pressure and cholesterol levels: a meta-analysis of 21 cohort studies including more than 300 000 persons. *Archives of internal medicine*, 167(16), 1720-1728. doi: 10.1001/archinte.167.16.1720
- Boirie, Y. (2009a). Physiopathological mechanism of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*, 13(8), 717-723.
- Boirie, Y. (2009b). Physiopathological mechanism of sarcopenia. *The journal of nutrition, health & aging*, 13(8), 717-723.
- Bopp, M. J., Houston, D. K., Lenchik, L., Easter, L., Kritchevsky, S. B., & Nicklas, B. J. (2008). Lean mass loss is associated with low protein intake during dietary-induced weight loss in postmenopausal women. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(7), 1216-1220. doi: 10.1016/j.jada.2008.04.017
- Branch, L. G., Wetle, T. T., Scherr, P. A., Cook, N. R., Evans, D. A., Hebert, L. E., . . . Taylor, J. O. (1988). A prospective study of incident comprehensive medical home care use among the elderly. *American journal of public health*, 78(3), 255-259.
- Brochu, M., Malita, M. F., Messier, V., Doucet, E., Strychar, I., Lavoie, J. M., . . . Rabasa-Lhoret, R. (2009). Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab*, 94(9), 3226-3233. doi: 10.1210/jc.2008-2706
- Brochu, M., Mathieu, M. E., Karelis, A. D., Doucet, E., Lavoie, M. E., Garrel, D., & Rabasa-Lhoret, R. (2008). Contribution of the lean body mass to insulin resistance in postmenopausal women with visceral obesity: a Monet study. *Obesity (Silver Spring)*, 16(5), 1085-1093. doi: 10.1038/oby.2008.23



- Brochu, M., Tchernof, A., Turner, A. N., Ades, P. A., & Poehlman, E. T. (2003). Is there a threshold of visceral fat loss that improves the metabolic profile in obese postmenopausal women? *Metabolism*, 52(5), 599-604. doi: 10.1053/meta.2003.50095
- Canada, S. (2012). Les adultes Canadiens comblent-ils leur besoins en nutriments uniquement grâce à l'alimentation? Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/nutrition/commun/art-nutr-adult-fra.php>
- Canada. Santé Canada (2007). *Bien manger avec le Guide alimentaire canadien : ressource à l'intention des éducateurs et communicateurs*. [Ottawa]: Santé Canada.
- Douchi, T., Yonehara, Y., Kawamura, Y., Kuwahata, A., Kuwahata, T., & Iwamoto, I. (2007). Difference in segmental lean and fat mass components between pre- and postmenopausal women. *Menopause*, 14(5), 875-878. doi: 10.1097/GME.0b013e318032b2f9
- Esmarck, B., Andersen, J. L., Olsen, S., Richter, E. A., Mizuno, M., & Kjaer, M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*, 535(Pt 1), 301-311.
- Faria, S. L., Kelly, E., & Faria, O. P. (2009). Energy expenditure and weight regain in patients submitted to Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg*, 19(7), 856-859. doi: 10.1007/s11695-009-9842-6
- Ferrucci, L., Guralnik, J. M., Pahor, M., Corti, M. C., & Havlik, R. J. (1997). Hospital diagnoses, Medicare charges, and nursing home admissions in the year when older persons become severely disabled. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 277(9), 728-734.
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*, 263(22), 3029-3034.
- Field, A. E., Coakley, E. H., Must, A., Spadano, J. L., Laird, N., Dietz, W. H., . . . Colditz, G. A. (2001). Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Archives of internal medicine*, 161(13), 1581-1586.
- Flegal, K. M., Carroll, M. D., Ogden, C. L., & Curtin, L. R. (2010). Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2008. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 303(3), 235-241. doi: 10.1001/jama.2009.2014
- Franklin, R. M., Ploutz-Snyder, L., & Kanaley, J. A. (2009). Longitudinal changes in abdominal fat distribution with menopause. *Metabolism: clinical and experimental*, 58(3), 311-315. doi: 10.1016/j.metabol.2008.09.030
- Fried, T. R., Bradley, E. H., Williams, C. S., & Tinetti, M. E. (2001). Functional disability and health care expenditures for older persons. *Archives of internal medicine*, 161(21), 2602-2607.
- Gallagher, D., Kovera, A. J., Clay-Williams, G., Agin, D., Leone, P., Albu, J., . . . Heymsfield, S. B. (2000). Weight loss in postmenopausal obesity: no adverse alterations in body composition and protein metabolism. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 279(1), E124-131.
- Garlick, P. J. (2005). The role of leucine in the regulation of protein metabolism. *J Nutr*, 135(6 Suppl), 1553S-1556S.
- Gordon, M. M., Bopp, M. J., Easter, L., Miller, G. D., Lyles, M. F., Houston, D. K., . . . Kritchevsky, S. B. (2008). Effects of dietary protein on the composition of weight loss in postmenopausal women. *The journal of nutrition, health & aging*, 12(8), 505-509.
- Grundy, S. M., Brewer, H. B., Jr., Cleeman, J. I., Smith, S. C., Jr., Lenfant, C., National Heart, L., . . . American Heart, A. (2004). Definition of metabolic syndrome: report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific

- issues related to definition. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 24(2), e13-18. doi: 10.1161/01.ATV.0000111245.75752.C6
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., . . . Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(4), M221-231.
- Haarbo, J., Marslew, U., Gotfredsen, A., & Christiansen, C. (1991). Postmenopausal hormone replacement therapy prevents central distribution of body fat after menopause. *Metabolism*, 40(12), 1323-1326.
- Haub, M. D., Wells, A. M., & Campbell, W. W. (2005). Beef and soy-based food supplements differentially affect serum lipoprotein-lipid profiles because of changes in carbohydrate intake and novel nutrient intake ratios in older men who resistive-train. *Metabolism: clinical and experimental*, 54(6), 769-774. doi: 10.1016/j.metabol.2005.01.019
- Hu, Y., Lu, W., Chen, G., Zhang, H., Jia, Y., Wei, Y., . . . Garcia-Manero, G. (2010). Overcoming resistance to histone deacetylase inhibitors in human leukemia with the redox modulating compound beta-phenylethyl isothiocyanate. *Blood*, 116(15), 2732-2741. doi: 10.1182/blood-2009-11-256354
- Johannsen, D. L., DeLany, J. P., Frisard, M. I., Welsch, M. A., Rowley, C. K., Fang, X., . . . Louisiana Healthy Aging, S. (2008). Physical activity in aging: comparison among young, aged, and nonagenarian individuals. *J Appl Physiol* (1985), 105(2), 495-501. doi: 10.1152/jappphysiol.90450.2008
- Jung Eun Kim, L. S., Mary Slebodnik, Lauren O'Connor & Wayne Campbell. (2014). Effects of high-protein weight loss diets on fat-free mass changes in older adults: a systematic review. *The FASEB*, 28.
- Kahn, B. B., & Flier, J. S. (2000). Obesity and insulin resistance. *J Clin Invest*, 106(4), 473-481. doi: 10.1172/JCI10842
- Koopman, R., & van Loon, L. J. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* (1985), 106(6), 2040-2048. doi: 10.1152/jappphysiol.91551.2008
- Krieger, J. W., Sitren, H. S., Daniels, M. J., & Langkamp-Henken, B. (2006). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression 1. *The American journal of clinical nutrition*, 83(2), 260-274.
- Kuller, L. H., Simkin-Silverman, L. R., Wing, R. R., Meilahn, E. N., & Ives, D. G. (2001). Women's Healthy Lifestyle Project: A randomized clinical trial: results at 54 months. *Circulation*, 103(1), 32-37.
- Larson, D. E., Ferraro, R. T., Robertson, D. S., & Ravussin, E. (1995). Energy metabolism in weight-stable postobese individuals. *Am J Clin Nutr*, 62(4), 735-739.
- Layman, D. K., Evans, E., Baum, J. I., Seyler, J., Erickson, D. J., & Boileau, R. A. (2005). Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *The Journal of nutrition*, 135(8), 1903-1910.
- Leidy, H. J., Carnell, N. S., Mattes, R. D., & Campbell, W. W. (2007). Higher protein intake preserves lean mass and satiety with weight loss in pre-obese and obese women. *Obesity*, 15(2), 421-429. doi: 10.1038/oby.2007.531
- Leidy, H. J., Clifton, P. M., Astrup, A., Wycherley, T. P., Westerterp-Plantenga, M. S., Luscombe-Marsh, N. D., . . . Mattes, R. D. (2015). The role of protein in weight loss and maintenance. *Am J Clin Nutr*. doi: 10.3945/ajcn.114.084038

- Ley, C. J., Lees, B., & Stevenson, J. C. (1992). Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution. *The American journal of clinical nutrition*, 55(5), 950-954.
- Marzetti, E., Lawler, J. M., Hiona, A., Manini, T., Seo, A. Y., & Leeuwenburgh, C. (2008). Modulation of age-induced apoptotic signaling and cellular remodeling by exercise and calorie restriction in skeletal muscle. *Free Radic Biol Med*, 44(2), 160-168. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.028
- Meckling, K. A., & Sherfey, R. (2007). A randomized trial of a hypocaloric high-protein diet, with and without exercise, on weight loss, fitness, and markers of the Metabolic Syndrome in overweight and obese women. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 32(4), 743-752. doi: 10.1139/H07-059
- Menozzi, R., Bondi, M., Baldini, A., Venneri, M. G., Velardo, A., & Del Rio, G. (2000). Resting metabolic rate, fat-free mass and catecholamine excretion during weight loss in female obese patients. *Br J Nutr*, 84(4), 515-520. doi: S0007114500001823 [pii]
- Mojtahedi, M. C., Thorpe, M. P., Karampinos, D. C., Johnson, C. L., Layman, D. K., Georgiadis, J. G., & Evans, E. M. (2011). The effects of a higher protein intake during energy restriction on changes in body composition and physical function in older women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 66(11), 1218-1225. doi: 10.1093/gerona/qlr120
- Nicklas, B. J., Dennis, K. E., Berman, D. M., Sorkin, J., Ryan, A. S., & Goldberg, A. P. (2003). Lifestyle intervention of hypocaloric dieting and walking reduces abdominal obesity and improves coronary heart disease risk factors in obese, postmenopausal, African-American and Caucasian women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(2), 181-189.
- O'Connor, K., Senechal, M., Lancellotti, P., Dubois, M., Magne, J., Champagne, J., . . . O'Hara, G. (2010). Usefulness of cardiac resynchronisation therapy in patients with right bundle branch block: is viability an important piece of the puzzle? *Int J Cardiol*, 145(1), e17-20. doi: 10.1016/j.ijcard.2008.12.071
- Panotopoulos, G., Ruiz, J. C., Raison, J., Guy-Grand, B., & Basdevant, A. (1996). Menopause, fat and lean distribution in obese women. *Maturitas*, 25(1), 11-19.
- Parker, B., Noakes, M., Luscombe, N., & Clifton, P. (2002). Effect of a high-protein, high-monounsaturated fat weight loss diet on glycemic control and lipid levels in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(3), 425-430.
- Pasiakos, S. M., Cao, J. J., Margolis, L. M., Sauter, E. R., Whigham, L. D., McClung, J. P., . . . Young, A. J. (2013). Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 27(9), 3837-3847. doi: 10.1096/fj.13-230227
- Piatti, P. M., Monti, F., Fermo, I., Baruffaldi, L., Nasser, R., Santambrogio, G., . . . Pozza, G. (1994). Hypocaloric high-protein diet improves glucose oxidation and spares lean body mass: comparison to hypocaloric high-carbohydrate diet. *Metabolism: clinical and experimental*, 43(12), 1481-1487.
- Rice, D. P., & LaPlante, M. P. (1992). Medical expenditures for disability and disabling comorbidity. *American journal of public health*, 82(5), 739-741.
- Rising, R., Harper, I. T., Fontvielle, A. M., Ferraro, R. T., Spraul, M., & Ravussin, E. (1994). Determinants of total daily energy expenditure: variability in physical activity. *Am J Clin Nutr*, 59(4), 800-804.
- Senechal, M., Arguin, H., Bouchard, D. R., Carpentier, A. C., Ardilouze, J. L., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2010). Interindividual variations in resting metabolic rate during weight loss

- in obese postmenopausal women A pilot study. *Metabolism: clinical and experimental*, 59(4), 478-485. doi: 10.1016/j.metabol.2009.07.037
- Skov, A. R., Toubro, S., Ronn, B., Holm, L., & Astrup, A. (1999). Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(5), 528-536.
- Soenen, S., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2008). Proteins and satiety: implications for weight management. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11(6), 747-751. doi: 10.1097/MCO.0b013e328311a8c4
- Sulander, T. T., & Uutela, A. K. (2007). Obesity and education: recent trends and disparities among 65- to 84-year-old men and women in Finland. *Preventive medicine*, 45(2-3), 153-156. doi: 10.1016/j.ypmed.2007.02.008
- Svendsen, O. L., Hassager, C., & Christiansen, C. (1995). Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism: clinical and experimental*, 44(3), 369-373.
- Tang, J. E., & Phillips, S. M. (2009). Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 12(1), 66-71. doi: 10.1097/MCO.0b013e328311cef75
- Tay, J., Brinkworth, G. D., Noakes, M., Keogh, J., & Clifton, P. M. (2008). Metabolic effects of weight loss on a very-low-carbohydrate diet compared with an isocaloric high-carbohydrate diet in abdominally obese subjects. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(1), 59-67. doi: 10.1016/j.jacc.2007.08.050
- Thomas, D. R. (2007). Loss of skeletal muscle mass in aging: examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clinical nutrition*, 26(4), 389-399. doi: 10.1016/j.clnu.2007.03.008
- Tremollieres, F. A., Pouilles, J. M., & Ribot, C. A. (1996). Relative influence of age and menopause on total and regional body composition changes in postmenopausal women. *American journal of obstetrics and gynecology*, 175(6), 1594-1600.
- Van Dale, D., & Saris, W. H. (1989). Repetitive weight loss and weight regain: effects on weight reduction, resting metabolic rate, and lipolytic activity before and after exercise and/or diet treatment. *Am J Clin Nutr*, 49(3), 409-416.
- Visscher, T. L., & Seidell, J. C. (2001). The public health impact of obesity. *Annual review of public health*, 22, 355-375. doi: 10.1146/annurev.publhealth.22.1.355
- Volpi, E., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Mittendorfer, B., & Wolfe, R. R. (2003). Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am J Clin Nutr*, 78(2), 250-258.
- Wajchenberg, B. L. (2000). Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocr Rev*, 21(6), 697-738. doi: 10.1210/edrv.21.6.0415
- Weinsier, R. L., Nagy, T. R., Hunter, G. R., Darnell, B. E., Hensrud, D. D., & Weiss, H. L. (2000). Do adaptive changes in metabolic rate favor weight regain in weight-reduced individuals? An examination of the set-point theory. *Am J Clin Nutr*, 72(5), 1088-1094.
- Weir, J. B. (1990). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. 1949. *Nutrition*, 6(3), 213-221.
- Weiss, E. P., Racette, S. B., Villareal, D. T., Fontana, L., Steger-May, K., Schechtman, K. B., . . . Washington University School of Medicine, C. G. (2007). Lower extremity muscle size and strength and aerobic capacity decrease with caloric restriction but not with

- exercise-induced weight loss. *J Appl Physiol* (1985), 102(2), 634-640. doi: 10.1152/jappphysiol.00853.2006
- Westman, E. C., Yancy, W. S., Edman, J. S., Tomlin, K. F., & Perkins, C. E. (2002). Effect of 6-month adherence to a very low carbohydrate diet program. *Am J Med*, 113(1), 30-36.
- Whitney, E. N., & Rolfes, S. R. (2008). *Understanding nutrition*. (11th<sup>e</sup> éd.). Belmont, CA: Thomson Higher Education.
- Wing, R. R., Matthews, K. A., Kuller, L. H., Meilahn, E. N., & Plantinga, P. L. (1991). Weight gain at the time of menopause. *Arch Intern Med*, 151(1), 97-102.
- Wolfe, R. R., Miller, S. L., & Miller, K. B. (2008). Optimal protein intake in the elderly. *Clinical nutrition*, 27(5), 675-684. doi: 10.1016/j.clnu.2008.06.008
- Wolinsky, F. D., Callahan, C. M., Fitzgerald, J. F., & Johnson, R. J. (1992). The risk of nursing home placement and subsequent death among older adults. *Journal of gerontology*, 47(4), S173-182.
- Wycherley, T. P., Noakes, M., Clifton, P. M., Cleanthous, X., Keogh, J. B., & Brinkworth, G. D. (2010). A high-protein diet with resistance exercise training improves weight loss and body composition in overweight and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 33(5), 969-976. doi: 10.2337/dc09-1974

**Tableau 1.** Effet de l'intervention sur les changements de la composition corporelle

	<u><b>RC+RP</b></u>		<u><b>RC+RP+ER</b></u>		<u><b>Tous les sujets</b></u>	
	<u><b>(n= 7)</b></u>		<u><b>(n= 7)</b></u>		<u><b>(n= 14)</b></u>	
	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post
Âge (années)	66,4 ± 2,3	-	63,7 ± 2,6	-	65,1 ± 2,8	
Poids (kg)	78,0 ± 8,7	71,1 ± 6,1*	77,2 ± 8,3	72,4 ± 8,0*	77,6 ± 8,0	71,8 ± 6,9*
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,3 ± 2,2	28,6 ± 2,1*	32,4 ± 3,4	30,4 ± 3,1*	31,9 ± 2,7	29,5 ± 2,7*
% MG	44,2 ± 2,9	39,1 ± 5,0*	44,5 ± 4,8	41,4 ± 3,9*	44,4 ± 3,8	40,3 ± 4,5*
MG Totale (kg)	34,6 ± 5,6	27,9 ± 5,0*	34,5 ± 6,1	30,1 ± 4,7*	34,6 ± 5,7	29,00 ± 4,8*
IMG Totale (kg MG/m <sup>2</sup> )	13,9 ± 1,9	11,3 ± 2,2*	14,5 ± 2,8	12,7 ± 2,3*	14,2 ± 2,3	12,0 ± 2,3*
MM Totale (kg)	39,8 ± 3,8	40,1 ± 4,0	39,7 ± 4,4	39,4 ± 4,9	39,7 ± 3,9	39,8 ± 4,3
IMM Totale (kg MM/m <sup>2</sup> )	16,0 ± 0,5	16,1 ± 0,7	16,6 ± 1,5	16,5 ± 1,1	16,3 ± 1,1	16,3 ± 0,9

Les données représentent la moyenne ± ET.

IMC: indice de masse corporel, MG: masse grasse, IMG: indice de masse grasse, MM: masse maigre, IMM: indice de masse maigre.

Le test du rang signé de Wilcoxon a été utilisé afin de quantifier l'effet du traitement.

\* P< 0,05 =différence significative entre le groupe

† P< 0,001 = effet de traitement significatif

**Tableau 2.** Apports alimentaires au début et à la fin de l'intervention

	<u><b>RC+RP (n= 7)</b></u>		<u><b>RC+RP+ER (n= 7)</b></u>		<u><b>Tous les sujets (n=14)</b></u>	
	Pré	Post	Pré	Post	Pré	Post
Énergie (kcal/jour)	1789 ± 270	1547 ± 300*	2210± 452	1416 ± 278*	1899 ± 376	1481 ± 286*
Protéines (g/jour)	84,9 ± 13,5	87,4 ± 13,9	89,6 ± 26,8	80,4 ± 16,8	87,2 ± 20,5	83,9 ± 15,3
Protéines (%/jour)	19,3 ± 4,2	22,8 ± 1,1	17,9 ± 3,6	22,9 ± 3,9*	18,6 ± 3,8	22,8 ± 2,8*
Glucides (g/jour)	220,4 ± 40,8	203,6 ± 41,4	227,6 ± 65,2	171,2 ± 31,5*	224,0 ± 52,4	187,4 ± 39,2*
Glucides (%/jour)	49,2 ± 4,6	52,6 ± 4,4	44,9 ± 4,1	48,5 ± 2,6*	47,0 ± 4,7	50,6 ± 4,0*
Matières grasses (g/jour)	63,1 ± 18,4	42,5 ± 13,6*	82,3 ± 20,2	45,5 ± 13,1*	72,7 ± 21,1	44,0 ± 12,9*
Matières grasses (%/jour)	31,5 ± 6,3	24,6 ± 4,7	37,2 ± 6,2	28,6 ± 5,3*	34,3 ± 6,7	26,6 ± 5,2*

Les données représentent la moyenne ± ET.

IMC: indice de masse corporel, MG: masse grasse, IMG: indice de masse grasse, MM: masse maigre, IMM: indice de masse maigre.

Le test du rang signé de Wilcoxon a été utilisé afin de quantifier l'effet du traitement.

\* P< 0,05 =différence significative entre le groupe

† P< 0,001 = effet de traitement significatif

### CHAPITRE 3 – DISCUSSION ET PERSPECTIVES D’AVENIR

À notre connaissance, ce projet pilote est la première étude à avoir investigué les effets d’une diète RP d’origine animale sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires lors d’un programme de restriction calorique combiné ou non à un entraînement musculaire. Nos résultats démontrent que l’ER, en ajout de la RC+RP, n’a pas été associé à une rétention plus importante de la MM comparativement à la diète RP seule. Malgré un programme d’ER pratiqué à raison de 3 fois par semaine (avec un taux de participation minimum 85%), celui-ci n’a pas eu d’effet additif.

Nos résultats vont dans la même direction que ceux présentés dans deux autres études (Layman et al., 2005; Wycherley et al., 2010). Par exemple, dans l’étude de Layman et coll., 2005, les auteurs ont rapporté un changement non significatif de la MM pour le groupe RC+RP+ER et une perte pour le groupe RC+FP. La perte de poids, sans pratique d’ER est généralement associée à une diminution de la MM (Villareal et al., 2005a). Plus précisément, l’ER aurait des effets bénéfiques sur la composition corporelle lors d’une perte de poids en favorisant le maintien de la MM tout en favorisant la perte de MG (Layman et al., 2005; Meckling & Sherfey, 2007; Thomson et al., 2008).

Nos résultats n’ont pas permis de démontrer un effet significativement différent de l’ER entre nos deux groupes sur la MM. Toujours selon nos résultats, le maintien de la MM semblerait donc en lien direct avec la consommation de protéines. Il est cependant possible que l’effet non significatif de l’ER sur la MM soit en lien avec le déficit énergétique trop élevé pour les besoins de l’organisme. Ceci aurait donc altéré la capacité des protéines à fournir suffisamment d’acides aminés pour favoriser l’anabolisme des protéines musculaires. Elles auraient plutôt été dégradées ou catabolisées afin de fournir de l’énergie à l’organisme (Bohe et al., 2003; Faghih et al., 2011).

Compte tenu du design de notre étude, nous n’avons pas de groupe diète FP afin de procéder à des analyses plus approfondies. Toutefois, nos résultats semblent en accord à ceux d’une méta-analyse, laquelle a démontré une rétention supérieure de la MM avec



une diète contenant une quantité supérieure à 1,05 g/kg de protéines par kg de poids corporel total (Krieger et al., 2006a). Selon l'analyse des journaux alimentaires de nos participantes, cette quantité de protéines a été atteinte par nos sujets avec un apport moyen de  $1,08 \pm 0,16$  g/kg de poids total au début de l'étude.

En ce qui concerne la perte de poids, nos deux groupes ont démontré une perte de poids similaire et significative. Pour les deux groupes, le déficit énergétique engendré par la RC était également significatif. Lors de l'élaboration des plans alimentaires, le calcul des besoins énergétiques pour les sujets avec l'ER utilisait le même facteur de correction d'activité physique que pour le groupe RC+RP sans ER. Malgré l'ajout d'ER pour l'un des deux groupes, ce déficit énergétique supplémentaire n'a pas permis d'obtenir une perte de poids significativement plus importante. Des observations similaires avaient également été rapportées par notre groupe de recherche dans une étude antérieure menée auprès de femmes post-ménopausées obèses (Brochu et al., 2009). Dans cette étude, il avait été démontré que malgré des différences significatives pour la diminution du % de MG, du tour de taille et du tour de hanche ( $P < 0,05$ ), la perte de poids et de MG absolue était similaire entre le groupe RC et le groupe RC+ER. Enfin, la même tendance de perte pondérale a été observée dans l'étude de Layman et coll. (Layman et al., 2005). Dans leur étude, la diète RP a eu un effet significatif sur la perte de poids totale, et il n'y a pas eu d'effet additif de l'ER (Layman et al., 2005). L'absence d'effet significatif de la perte de poids en lien avec l'ER est supportée par d'autres études, lesquelles ont observé une perte de poids seulement lors de la pratique d'ER pour une durée minimum de 30 minutes par jour (Jakicic, Winters, Lang, & Wing, 1999; Ross et al., 2000). Il faut aussi considérer qu'une augmentation de la MM en lien avec l'ER a un effet sur la perte de poids corporel (Jakicic et al., 1999; Ross et al., 2000).

Les résultats de Layman et coll. (Layman et al., 2005), ainsi que les nôtres, sont donc en contradiction avec ceux de l'étude de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010); lesquelles ont démontré une perte de poids significativement différente entre les groupes RC+RP et RC+RP+ER (Wycherley et al., 2010). Lors de cette étude, un journal alimentaire semi-quantitatif devait être rempli sur une période de 7 jours (Wycherley et

al., 2010). Cette méthode a permis de quantifier l'apport alimentaire des participants (hommes et femmes âgés de  $\pm 56$  ans). Les sujets avec la diète RC+RP et la diète RC+RP+ER ont ainsi consommé significativement plus de protéines que le 1,2 g/kg de poids prévu pour l'étude (Wycherley et al., 2010). Dans le cadre de notre étude, la consommation moyenne en protéines de nos sujets était plutôt de l'ordre de  $1,08 \pm 0,16$  g/kg de poids initial comparativement au 1,27 g/kg qui avait été prévu lors de l'élaboration du plan alimentaire. Contrairement à l'étude précédente, notre journal alimentaire était administré sur une période de 3 jours.

Malgré une consommation en protéines plus importante dans l'étude de Wycherley et coll. (Wycherley et al., 2010), une diète RC+RP ne correspond pas à une diète cétogénique; laquelle contiendrait ( $\leq 35$ -41%) de l'énergie ou ( $\pm 100$  gr) par jour sous forme de glucides. Il est reconnu que ce type de diète hypocalorique RP a pour effet d'obtenir une plus grande perte de poids et de MG (Krieger et al., 2006a). Le mécanisme de cette perte pondérale repose sur l'augmentation de la demande des protéines et des acides aminés dans le processus de la néoglucogenèse. Ce processus énergétiquement coûteux augmente le déficit énergétique en plus du déficit créé par la diète (Feinman & Fine, 2003a). Puisque les diètes RP discutées dans ce mémoire contiennent une quantité supérieure à ( $\pm 100$  gr) de glucides, il est donc peu probable que la perte de poids plus importante chez les groupes RP soit en lien avec cette hypothèse. Toutefois, le type de diète RP permet d'obtenir chez les participants un niveau de satiété augmenté, ce qui peut diminuer l'apport en énergie (Latner & Schwartz, 1999; Layman et al., 2003).

Il a été proposé que la proportion de MG et de MM varie à la suite d'une diète hypocalorique selon la quantité de protéines consommées (Bopp et al., 2008). Bien que les deux groupes aient bénéficié d'une diète similaire en protéines, le % de MG a diminué de façon significative dans le groupe sans ER en comparaison du groupe RC+RP+ER ( $-5,10 \pm 3,58$  % vs  $-3,07 \pm 2,26$  %;  $P=0,05$ ). Cette différence pourrait être due à certaines différences entre les groupes et d'autres entre les valeurs avant et après l'intervention qui bien que non-significatives, lorsque mises en ratios, le deviennent.

La diminution plus faible du % de MG ainsi qu'une rétention de MM similaire entre les deux groupes peut supposer que le groupe sans ER aurait eu une dépense

énergétique plus élevée que ce qui avait été prévu dans notre protocole. Des analyses plus approfondies en lien avec le questionnaire PASE (*Physical Activity Scale for the Elderly*) et les données de l'Actical seraient intéressantes afin de voir si le groupe sans ER aurait eu une dépense énergétique supérieure à ce qui avait été prévu dans le protocole de recherche. Lors d'une autre étude (Layman et al., 2005), la perte de MG s'est révélée plus importante avec la diète RP comparativement à la diète FP. Ce type d'analyse nous est malheureusement impossible puisque nous n'avons pas de groupe avec diète FP dans notre projet pilote.

Notre étude présente certaines limitations. Premièrement, le design expérimental ne comprend pas de groupe contrôle et de groupe FP. Deuxièmement, le nombre de sujets est limité. Néanmoins, cette limitation nous a permis de faire un suivi rigoureux tout au long de l'intervention et d'ajuster l'intervention nutritionnelle plus adéquatement, lorsque nécessaire. Troisièmement, la durée de 3 jours pour le journal alimentaire ne reflète pas nécessairement les habitudes alimentaires sur une semaine complète. Le journal alimentaire peut aussi faire l'objet d'une sous-estimation. Selon le calcul du seuil de Goldberg, nos participantes semblent avoir sous-estimé leur apport au lors du deuxième journal alimentaire, données non présentées (Black, 2000). Quatrièmement, le calcul des grammes de protéines par kg de poids demeure discutable dans la littérature. Dans le milieu clinique, le calcul des besoins en protéines se fait en utilisant le poids idéal des sujets; alors que dans les études publiées à ce jour, le calcul des protéines n'est pas standardisé à une méthode. Dans sa méta-analyse, Krieger présente la consommation en protéines en g/kg de poids moyen des sujets (Krieger et al., 2006a). Cette méthode de calcul laisse donc entrevoir un apport protéique variant en fonction du poids des sujets. Puisque le degré d'obésité n'est pas connu dans cette méta-analyse, il est donc difficile de comparer les sujets entre eux. D'autre part, tel que vu dans l'étude de Leidy (Leidy et al., 2007), le degré d'obésité mesuré par l'IMC permettait de constater une perte de MM plus faible chez les sujets pré-obèses comparativement aux individus obèses. Cela permet de mettre en évidence qu'un apport protéique calculé en fonction du poids idéal des sujets permettrait de tracer un portrait plus juste de l'impact de la consommation en protéines et de ses effets sur la composition corporelle.

Une des principales forces de notre étude était l'utilisation de la méthode par absorptiométrie biphotonique à rayon X ou «DXA». Cela nous a permis de quantifier de façon précise la MG et la MM. Une autre force de l'étude était l'utilisation du RMR. Cela nous a permis de concevoir par la suite un plan alimentaire correspondant aux besoins énergétiques des participantes. De plus, une autre force de notre étude était le journal alimentaire quotidien rempli par les participantes. Ce journal a permis d'offrir un outil aux participantes afin qu'elles adhèrent plus facilement aux recommandations de leur plan alimentaire. Cet outil a aussi permis d'assurer un suivi de l'adhérence à la diète à chaque semaine. Un point positif de notre étude réside dans la période où le journal alimentaire de 3 jours a été complété à la fin de l'étude. En effet, il a été rempli avant la semaine 21, soit avant le début de la première semaine de stabilisation du poids post-intervention. Ceci nous a permis d'avoir un reflet des habitudes alimentaires pendant la dernière semaine de perte de poids. Notre étude tient aussi sa force dans sa transférabilité auprès de la population des femmes post-ménopausées et obèses avec des recommandations alimentaires facilement accessibles.

En conclusion, les résultats de la présente étude démontrent qu'une diète riche en protéines contenant un minimum de 25 grammes de protéines d'origine animale, a un impact positif sur la composition corporelle chez les femmes ménopausées, obèses et sédentaires. Par contre, l'ajout d'un ER n'a pas d'effet additionnel sur la composition corporelle.

## PERSPECTIVES D'AVENIR

En conclusion, notre étude démontre un impact favorable d'une diète hypocalorique RP sur le maintien de la MM chez les femmes post-ménopausées. Un projet de recherche incluant un plus grand nombre de participantes et plus de groupes permettrait d'obtenir une meilleure puissance statistique et de procéder à des analyses plus complexes. De plus amples recherches sont aussi nécessaires afin d'inclure des groupes avec une diète FP afin de déterminer la quantité optimale de protéines lors d'un

programme de restriction calorique. Ce type d'étude auprès des femmes ménopausées obèses est d'une importance capitale dans le domaine clinique pour les professionnels de l'activité physique et de la nutrition, afin d'établir des recommandations mieux adaptées pour la population âgée. L'étude actuelle donne une direction plus claire aux professionnels afin que la recommandation d'une restriction calorique prévoie une diète RP pour favoriser le maintien de la MM lors d'un programme de perte de poids.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Abdel Khalek, S., Abdinov, O., . . . Collaboration, A. (2014). Search for quantum black hole production in high-invariant-mass lepton+jet final states using pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV and the ATLAS detector. *Phys Rev Lett*, 112(9), 091804.
- Abdulnour, J., Doucet, E., Brochu, M., Lavoie, J. M., Strychar, I., Rabasa-Lhoret, R., & Prud'homme, D. (2012). The effect of the menopausal transition on body composition and cardiometabolic risk factors: a Montreal-Ottawa New Emerging Team group study. *Menopause*, 19(7), 760-767. doi: 10.1097/gme.0b013e318240f6f3
- Acheson, K. J. (1993). Influence of autonomic nervous system on nutrient-induced thermogenesis in humans. *Nutrition*, 9(4), 373-380.
- Ades, P. A., Savage, P., Cress, M. E., Brochu, M., Lee, N. M., & Poehlman, E. T. (2003). Resistance training on physical performance in disabled older female cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc*, 35(8), 1265-1270. doi: 10.1249/01.MSS.0000079044.21828.0E
- An, P., Rice, T., Borecki, I. B., Perusse, L., Gagnon, J., Leon, A. S., . . . Rao, D. C. (2000). Major gene effect on subcutaneous fat distribution in a sedentary population and its response to exercise training: The HERITAGE Family Study. *American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council*, 12(5), 600-609. doi: 10.1002/1520-6300(200009/10)12:5<600::AID-AJHB4>3.0.CO;2-J
- Anderson, J. W., & Konz, E. C. (2001). Obesity and disease management: effects of weight loss on comorbid conditions. *Obesity research*, 9 Suppl 4, 326S-334S. doi: 10.1038/oby.2001.138
- Arguin, H., Bouchard, D. R., Labonte, M., Carpentier, A., Ardilouze, J. L., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2008). Correlation between the rate of weight loss and changes in body composition in obese postmenopausal women after 5 weeks: a pilot study. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(2), 347-355. doi: 10.1139/H08-004
- Arguin, H., Dionne, I. J., Senechal, M., Bouchard, D. R., Carpentier, A. C., Ardilouze, J. L., . . . Brochu, M. (2012). Short- and long-term effects of continuous versus intermittent restrictive diet approaches on body composition and the metabolic profile in overweight and obese postmenopausal women: a pilot study. *Menopause*, 19(8), 870-876. doi: 10.1097/gme.0b013e318250a287
- Astrup, A., Gotzsche, P. C., van de Werken, K., Ranneries, C., Toubro, S., Raben, A., & Buemann, B. (1999). Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. *The American journal of clinical nutrition*, 69(6), 1117-1122.
- Aubertin-Leheudre, M., Audet, M., Goulet, E. D., & Dionne, I. J. (2005). HRT provides no additional beneficial effect on sarcopenia in physically active postmenopausal women: a cross-sectional, observational study. *Maturitas*, 51(2), 140-145. doi: 10.1016/j.maturitas.2004.06.017
- Avenell, A., Broom, J., Brown, T. J., Poobalan, A., Aucott, L., Stearns, S. C., . . . Grant, A. M. (2004). Systematic review of the long-term effects and economic consequences of treatments for obesity and implications for health improvement. *Health Technol Assess*, 8(21), iii-iv, 1-182.

- Batterham, R. L., Heffron, H., Kapoor, S., Chivers, J. E., Chandarana, K., Herzog, H., . . . Withers, D. J. (2006). Critical role for peptide YY in protein-mediated satiation and body-weight regulation. *Cell Metab*, 4(3), 223-233. doi: 10.1016/j.cmet.2006.08.001
- Baumgartner, R. N. (2000). Body composition in healthy aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904, 437-448.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., . . . Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, 147(8), 755-763.
- Baumgartner, R. N., Wayne, S. J., Waters, D. L., Janssen, I., Gallagher, D., & Morley, J. E. (2004). Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obesity research*, 12(12), 1995-2004. doi: 10.1038/oby.2004.250
- Black, A. E. (2000). Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake:basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(9), 1119-1130.
- Blouin, K., Boivin, A., & Tchernof, A. (2008). Androgens and body fat distribution. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 108(3-5), 272-280. doi: 10.1016/j.jsbmb.2007.09.001
- Bogers, R. P., Bemelmans, W. J., Hoogenveen, R. T., Boshuizen, H. C., Woodward, M., Knekt, P., . . . Shipley, M. J. (2007). Association of overweight with increased risk of coronary heart disease partly independent of blood pressure and cholesterol levels: a meta-analysis of 21 cohort studies including more than 300 000 persons. *Archives of internal medicine*, 167(16), 1720-1728. doi: 10.1001/archinte.167.16.1720
- Bohe, J., Low, A., Wolfe, R. R., & Rennie, M. J. (2003). Human muscle protein synthesis is modulated by extracellular, not intramuscular amino acid availability: a dose-response study. *J Physiol*, 552(Pt 1), 315-324. doi: 10.1113/jphysiol.2003.050674
- Boirie, Y. (2009). Physiopathological mechanism of sarcopenia. *The journal of nutrition, health & aging*, 13(8), 717-723.
- Bopp, M. J., Houston, D. K., Lenchik, L., Easter, L., Kritchevsky, S. B., & Nicklas, B. J. (2008). Lean mass loss is associated with low protein intake during dietary-induced weight loss in postmenopausal women. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(7), 1216-1220. doi: 10.1016/j.jada.2008.04.017
- Bouchard, D. R., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2009). Sarcopenic/obesity and physical capacity in older men and women: data from the Nutrition as a Determinant of Successful Aging (NuAge)-the Quebec longitudinal Study. *Obesity (Silver Spring)*, 17(11), 2082-2088. doi: 10.1038/oby.2009.109
- Branch, L. G., Wetle, T. T., Scherr, P. A., Cook, N. R., Evans, D. A., Hebert, L. E., . . . Taylor, J. O. (1988). A prospective study of incident comprehensive medical home care use among the elderly. *American journal of public health*, 78(3), 255-259.
- Bray, G. A. (2004). Don't throw the baby out with the bath water. *Am J Clin Nutr*, 79(3), 347-349.
- Bray, G. A., & Popkin, B. M. (1998). Dietary fat intake does affect obesity! *The American journal of clinical nutrition*, 68(6), 1157-1173.
- Brochu, M., Malita, M. F., Messier, V., Doucet, E., Strychar, I., Lavoie, J. M., . . . Rabasa-Lhoret, R. (2009). Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab*, 94(9), 3226-3233. doi: 10.1210/jc.2008-2706
- Brochu, M., Mathieu, M. E., Karelis, A. D., Doucet, E., Lavoie, M. E., Garrel, D., & Rabasa-Lhoret, R. (2008). Contribution of the lean body mass to insulin resistance in postmenopausal

- women with visceral obesity: a Monet study. *Obesity (Silver Spring)*, 16(5), 1085-1093. doi: 10.1038/oby.2008.23
- Brochu, M., Tchernof, A., Turner, A. N., Ades, P. A., & Poehlman, E. T. (2003). Is there a threshold of visceral fat loss that improves the metabolic profile in obese postmenopausal women? *Metabolism*, 52(5), 599-604. doi: 10.1053/meta.2003.50095
- Brundin, T., Thorne, A., & Wahren, J. (1992). Heat leakage across the abdominal wall and meal-induced thermogenesis in normal-weight and obese subjects. *Metabolism*, 41(1), 49-55.
- Burton-Freeman, B. (2000). Dietary fiber and energy regulation. *The Journal of nutrition*, 130(2S Suppl), 272S-275S.
- Campbell, W. W., Barton, M. L., Jr., Cyr-Campbell, D., Davey, S. L., Beard, J. L., Parise, G., & Evans, W. J. (1999). Effects of an omnivorous diet compared with a lactoovovegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *Am J Clin Nutr*, 70(6), 1032-1039.
- Campbell, W. W., & Leidy, H. J. (2007). Dietary protein and resistance training effects on muscle and body composition in older persons. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(6), 696S-703S.
- Canada, S. (2006, 2006-12-15). Obésité/Vie saine. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/life-vie/obes-fra.php>
- Canada, S. (2012a). Classification du risque pour la santé en fonction de l'indice de masse corporelle Repéré à [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/weights-poids/guide-ld-adult/bmi\\_chart\\_java-graph\\_imc\\_java-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/weights-poids/guide-ld-adult/bmi_chart_java-graph_imc_java-fra.php)
- Canada, S. (2012b). Les adultes Canadiens combinent-ils leur besoins en nutriments uniquement grâce à l'alimentation? Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/nutrition/commun/art-nutr-adult-fra.php>
- Canada. Santé Canada (2007). *Bien manger avec le Guide alimentaire canadien : ressource à l'intention des éducateurs et communicateurs*. [Ottawa]: Santé Canada.
- Canada. Santé Canada. (2007). *Bien manger avec le guide alimentaire canadien ressource à l'intention des éducateurs et communicateurs*. Repéré à [http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/hcan-scan/eating\\_well-f/H164-38-2-2007F.pdf](http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/hcan-scan/eating_well-f/H164-38-2-2007F.pdf)
- Caterson, I. D., & Gill, T. P. (2002). Obesity: epidemiology and possible prevention. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 16(4), 595-610.
- Cummins, S., & Macintyre, S. (2006). Food environments and obesity--neighbourhood or nation? *Int J Epidemiol*, 35(1), 100-104. doi: 10.1093/ije/dyi276
- Dagenais, G. R., Yi, Q., Mann, J. F., Bosch, J., Pogue, J., & Yusuf, S. (2005). Prognostic impact of body weight and abdominal obesity in women and men with cardiovascular disease. *Am Heart J*, 149(1), 54-60. doi: 10.1016/j.ahj.2004.07.009
- Delshad, M., Ghanbarian, A., Mehrabi, Y., Sarvghadi, F., & Ebrahim, K. (2013). Effect of Strength Training and Short-term Detraining on Muscle Mass in Women Aged Over 50 Years Old. *Int J Prev Med*, 4(12), 1386-1394.
- Despres, J. P., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444(7121), 881-887. doi: 10.1038/nature05488
- Despres, J. P., Moorjani, S., Lupien, P. J., Tremblay, A., Nadeau, A., & Bouchard, C. (1990). Regional distribution of body fat, plasma lipoproteins, and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis*, 10(4), 497-511.
- Douchi, T., Yonehara, Y., Kawamura, Y., Kuwahata, A., Kuwahata, T., & Iwamoto, I. (2007). Difference in segmental lean and fat mass components between pre- and



- postmenopausal women. *Menopause*, 14(5), 875-878. doi: 10.1097/GME.0b013e318032b2f9
- Drewnowski, A. (2000). Nutrition transition and global dietary trends. *Nutrition*, 16(7-8), 486-487.
- Drewnowski, A. (2004). Obesity and the food environment: dietary energy density and diet costs. *American journal of preventive medicine*, 27(3 Suppl), 154-162. doi: 10.1016/j.amepre.2004.06.011
- Drewnowski, A., & Specter, S. E. (2004). Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. *The American journal of clinical nutrition*, 79(1), 6-16.
- Dreyer, H. C., Fujita, S., Cadenas, J. G., Chinkes, D. L., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2006). Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *J Physiol*, 576(Pt 2), 613-624. doi: 10.1113/jphysiol.2006.113175
- Drummond, M. J., Dreyer, H. C., Pennings, B., Fry, C. S., Dhanani, S., Dillon, E. L., . . . Rasmussen, B. B. (2008). Skeletal muscle protein anabolic response to resistance exercise and essential amino acids is delayed with aging. *J Appl Physiol (1985)*, 104(5), 1452-1461. doi: 10.1152/jappphysiol.00021.2008
- Dubost Bélair, M., & Scheider, W. L. (2006). *La nutrition*. (3e éd.<sup>e</sup> éd.). Montréal: Chenelière Éducation.
- Ehrman, J. K., & American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. (6th<sup>e</sup> éd.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Elbers, J. M., Giltay, E. J., Teerlink, T., Scheffer, P. G., Asscheman, H., Seidell, J. C., & Gooren, L. J. (2003). Effects of sex steroids on components of the insulin resistance syndrome in transsexual subjects. *Clinical endocrinology*, 58(5), 562-571.
- Elia, M., Ritz, P., & Stubbs, R. J. (2000). Total energy expenditure in the elderly. *European journal of clinical nutrition*, 54 Suppl 3, S92-103.
- Ello-Martin, J. A., Roe, L. S., Ledikwe, J. H., Beach, A. M., & Rolls, B. J. (2007). Dietary energy density in the treatment of obesity: a year-long trial comparing 2 weight-loss diets. *The American journal of clinical nutrition*, 85(6), 1465-1477.
- Esmarck, B., Andersen, J. L., Olsen, S., Richter, E. A., Mizuno, M., & Kjaer, M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*, 535(Pt 1), 301-311.
- Evans, E. M., Mojtahedi, M. C., Thorpe, M. P., Valentine, R. J., Kris-Etherton, P. M., & Layman, D. K. (2012). Effects of protein intake and gender on body composition changes: a randomized clinical weight loss trial. *Nutrition & metabolism*, 9(1), 55. doi: 10.1186/1743-7075-9-55
- Evans, E. M., Van Pelt, R. E., Binder, E. F., Williams, D. B., Ehsani, A. A., & Kohrt, W. M. (2001). Effects of HRT and exercise training on insulin action, glucose tolerance, and body composition in older women. *Journal of applied physiology*, 90(6), 2033-2040.
- Evans, W. J. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1), 12-17.
- Faghih, S., Abadi, A. R., Hedayati, M., & Kimiagar, S. M. (2011). Comparison of the effects of cows' milk, fortified soy milk, and calcium supplement on weight and fat loss in premenopausal overweight and obese women. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 21(7), 499-503. doi: 10.1016/j.numecd.2009.11.013
- Farnsworth, E., Luscombe, N. D., Noakes, M., Wittert, G., Argyiou, E., & Clifton, P. M. (2003). Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control,

- and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *The American journal of clinical nutrition*, 78(1), 31-39.
- Feinman, R. D. (2011). Fad diets in the treatment of diabetes. *Curr Diab Rep*, 11(2), 128-135. doi: 10.1007/s11892-011-0178-y
- Feinman, R. D., & Fine, E. J. (2003a). Thermodynamics and metabolic advantage of weight loss diets. *Metabolic syndrome and related disorders*, 1(3), 209-219. doi: 10.1089/154041903322716688
- Feinman, R. D., & Fine, E. J. (2003b). Thermodynamics and metabolic advantage of weight loss diets. *Metab Syndr Relat Disord*, 1(3), 209-219. doi: 10.1089/154041903322716688
- Ferrucci, L., Guralnik, J. M., Pahor, M., Corti, M. C., & Havlik, R. J. (1997). Hospital diagnoses, Medicare charges, and nursing home admissions in the year when older persons become severely disabled. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 277(9), 728-734.
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*, 263(22), 3029-3034.
- Field, A. E., Coakley, E. H., Must, A., Spadano, J. L., Laird, N., Dietz, W. H., . . . Colditz, G. A. (2001). Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Archives of internal medicine*, 161(13), 1581-1586.
- Flatt, J. P. (1995). Body composition, respiratory quotient, and weight maintenance. *The American journal of clinical nutrition*, 62(5 Suppl), 1107S-1117S.
- Flegal, K. M., Carroll, M. D., Ogden, C. L., & Johnson, C. L. (2002). Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *JAMA*, 288(14), 1723-1727.
- Food Nutr. Board, I. M. (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*.
- Franklin, R. M., Ploutz-Snyder, L., & Kanaley, J. A. (2009). Longitudinal changes in abdominal fat distribution with menopause. *Metabolism: clinical and experimental*, 58(3), 311-315. doi: 10.1016/j.metabol.2008.09.030
- Fried, T. R., Bradley, E. H., Williams, C. S., & Tinetti, M. E. (2001). Functional disability and health care expenditures for older persons. *Archives of internal medicine*, 161(21), 2602-2607.
- Gallagher, D., Kovera, A. J., Clay-Williams, G., Agin, D., Leone, P., Albu, J., . . . Heymsfield, S. B. (2000). Weight loss in postmenopausal obesity: no adverse alterations in body composition and protein metabolism. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 279(1), E124-131.
- Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R. E., Sepulveda, D., Baumgartner, R. N., Pierson, R. N., . . . Heymsfield, S. B. (1997). Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol* (1985), 83(1), 229-239.
- Gapstur, S. M., Gann, P. H., Kopp, P., Colangelo, L., Longcope, C., & Liu, K. (2002). Serum androgen concentrations in young men: a longitudinal analysis of associations with age, obesity, and race. The CARDIA male hormone study. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 11(10 Pt 1), 1041-1047.
- Gordon, M. M., Bopp, M. J., Easter, L., Miller, G. D., Lyles, M. F., Houston, D. K., . . . Kritchevsky, S. B. (2008). Effects of dietary protein on the composition of weight loss in post-menopausal women. *The journal of nutrition, health & aging*, 12(8), 505-509.
- Gosby, A. K., Conigrave, A. D., Lau, N. S., Iglesias, M. A., Hall, R. M., Jebb, S. A., . . . Simpson, S. J. (2011). Testing protein leverage in lean humans: a randomised controlled experimental study. *PLoS One*, 6(10), e25929. doi: 10.1371/journal.pone.0025929

- Gropper, S. A. S., Smith, J. L., & Groff, J. L. (2009). *Advanced nutrition and human metabolism*. (5th<sup>e</sup> éd.). Australia ; United States: Wadsworth/Cengage Learning.
- Gropper, S. S. (2012). *Advanced nutrition and human metabolism*. (6th Ed.<sup>e</sup> éd.). Belmont, OH: Cengage Learning.
- Grundy, S. M., Brewer, H. B., Jr., Cleeman, J. I., Smith, S. C., Jr., Lenfant, C., National Heart, L., . . . American Heart, A. (2004). Definition of metabolic syndrome: report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 24(2), e13-18. doi: 10.1161/01.ATV.0000111245.75752.C6
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., . . . Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(4), M221-231.
- Guthrie, J. R., Ball, M., Dudley, E. C., Garamszegi, C. V., Wahlqvist, M. L., Dennerstein, L., & Burger, H. G. (2001). Impaired fasting glycaemia in middle-aged women: a prospective study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(5), 646-651. doi: 10.1038/sj.ijo.0801569
- Halton, T. L., & Hu, F. B. (2004). The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J Am Coll Nutr*, 23(5), 373-385.
- Harnack, L., Stang, J., & Story, M. (1999). Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(4), 436-441. doi: 10.1016/S0002-8223(99)00106-6
- Haub, M. D., Wells, A. M., & Campbell, W. W. (2005). Beef and soy-based food supplements differentially affect serum lipoprotein-lipid profiles because of changes in carbohydrate intake and novel nutrient intake ratios in older men who resistive-train. *Metabolism: clinical and experimental*, 54(6), 769-774. doi: 10.1016/j.metabol.2005.01.019
- Heymsfield, S. B., Smith, R., Aulet, M., Bensen, B., Lichtman, S., Wang, J., & Pierson, R. N., Jr. (1990). Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry. *Am J Clin Nutr*, 52(2), 214-218.
- Holt, S. H., Miller, J. C., Petocz, P., & Farmakalidis, E. (1995). A satiety index of common foods. *Eur J Clin Nutr*, 49(9), 675-690.
- Houston, D. K., Nicklas, B. J., Ding, J., Harris, T. B., Tylavsky, F. A., Newman, A. B., . . . Health, A. B. C. S. (2008). Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am J Clin Nutr*, 87(1), 150-155.
- Houston, D. K., Nicklas, B. J., & Zizza, C. A. (2009). Weighty concerns: the growing prevalence of obesity among older adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(11), 1886-1895. doi: 10.1016/j.jada.2009.08.014
- Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., & Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutr Metab (Lond)*, 7, 51. doi: 10.1186/1743-7075-7-51
- Jakicic, J. M., Winters, C., Lang, W., & Wing, R. R. (1999). Effects of intermittent exercise and use of home exercise equipment on adherence, weight loss, and fitness in overweight women: a randomized trial. *JAMA*, 282(16), 1554-1560.
- Janssen, I., Fortier, A., Hudson, R., & Ross, R. (2002). Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women. *Diabetes care*, 25(3), 431-438.

- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of applied physiology*, 89(2), 465-471.
- Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., & Ross, R. (2004). Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *The American journal of clinical nutrition*, 79(3), 379-384.
- Johannsen, D. L., DeLany, J. P., Frisard, M. I., Welsch, M. A., Rowley, C. K., Fang, X., . . . Louisiana Healthy Aging, S. (2008). Physical activity in aging: comparison among young, aged, and nonagenarian individuals. *J Appl Physiol* (1985), 105(2), 495-501. doi: 10.1152/jappphysiol.90450.2008
- Juhan-Vague, I., Morange, P. E., & Alessi, M. C. (2002). The insulin resistance syndrome: implications for thrombosis and cardiovascular disease. *Pathophysiology of haemostasis and thrombosis*, 32(5-6), 269-273. doi: 73579
- Kanaley, J. A., Sames, C., Swisher, L., Swick, A. G., Ploutz-Snyder, L. L., Steppan, C. M., . . . Weinstock, R. S. (2001). Abdominal fat distribution in pre- and postmenopausal women: The impact of physical activity, age, and menopausal status. *Metabolism: clinical and experimental*, 50(8), 976-982. doi: 10.1053/meta.2001.24931
- Katsanos, C. S., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Aarsland, A., & Wolfe, R. R. (2006). A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 291(2), E381-387. doi: 10.1152/ajpendo.00488.2005
- Katz, D. L., O'Connell, M., Njike, V. Y., Yeh, M. C., & Nawaz, H. (2008). Strategies for the prevention and control of obesity in the school setting: systematic review and meta-analysis. *Int J Obes (Lond)*, 32(12), 1780-1789. doi: 10.1038/ijo.2008.158
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Wilmore, J. H. (2012). *Physiology of sport and exercise*. (5th<sup>e</sup> éd.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., . . . Antonio, J. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr*, 5, 17. doi: 10.1186/1550-2783-5-17
- Khaw, K. T., & Barrett-Connor, E. (1992). Lower endogenous androgens predict central adiposity in men. *Annals of epidemiology*, 2(5), 675-682.
- Klein, S. (2001). Medical management of obesity. *The Surgical clinics of North America*, 81(5), 1025-1038, v.
- Koopman, R., & van Loon, L. J. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* (1985), 106(6), 2040-2048. doi: 10.1152/jappphysiol.91551.2008
- Kottke, T. E., Wu, L. A., & Hoffman, R. S. (2003). Economic and psychological implications of the obesity epidemic. *Mayo Clin Proc*, 78(1), 92-94. doi: 10.4065/78.1.92
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-688.
- Kreider, R. B., Rasmussen, C., Kerksick, C. M., Wilborn, C., Taylor, L. t., Campbell, B., . . . Greenwood, M. (2011). A carbohydrate-restricted diet during resistance training promotes more favorable changes in body composition and markers of health in obese women with and without insulin resistance. *Phys Sportsmed*, 39(2), 27-40. doi: 10.3810/psm.2011.05.1893
- Krieger, J. W., Sitren, H. S., Daniels, M. J., & Langkamp-Henken, B. (2006a). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression 1. *The American journal of clinical nutrition*, 83(2), 260-274.

- Krieger, J. W., Sitren, H. S., Daniels, M. J., & Langkamp-Henken, B. (2006b). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression 1. *Am J Clin Nutr*, 83(2), 260-274.
- Kristensen, M., & Jensen, M. G. (2011). Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 56(1), 65-70. doi: 10.1016/j.appet.2010.11.147
- Kukuljan, S., Nowson, C. A., Sanders, K., & Daly, R. M. (2009). Effects of resistance exercise and fortified milk on skeletal muscle mass, muscle size, and functional performance in middle-aged and older men: an 18-mo randomized controlled trial. *J Appl Physiol* (1985), 107(6), 1864-1873. doi: 10.1152/jappphysiol.00392.2009
- Kuller, L. H., Simkin-Silverman, L. R., Wing, R. R., Meilahn, E. N., & Ives, D. G. (2001). Women's Healthy Lifestyle Project: A randomized clinical trial: results at 54 months. *Circulation*, 103(1), 32-37.
- Kvist, H., Chowdhury, B., Grangard, U., Tylen, U., & Sjostrom, L. (1988). Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *The American journal of clinical nutrition*, 48(6), 1351-1361.
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European journal of clinical nutrition*, 55(8), 663-672. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601198
- Larson, D. E., Ferraro, R. T., Robertson, D. S., & Ravussin, E. (1995). Energy metabolism in weight-stable postobese individuals. *Am J Clin Nutr*, 62(4), 735-739.
- Latner, J. D., & Schwartz, M. (1999). The effects of a high-carbohydrate, high-protein or balanced lunch upon later food intake and hunger ratings. *Appetite*, 33(1), 119-128. doi: 10.1006/appe.1999.0237
- Lau, D. C., Douketis, J. D., Morrison, K. M., Hramiak, I. M., Sharma, A. M., Ur, E., & Obesity Canada Clinical Practice Guidelines Expert, P. (2007). 2006 Canadian clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children [summary]. *CMAJ*, 176(8), S1-13. doi: 10.1503/cmaj.061409
- Layman, D. K., Boileau, R. A., Erickson, D. J., Painter, J. E., Shiue, H., Sather, C., & Christou, D. D. (2003). A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women. *The Journal of nutrition*, 133(2), 411-417.
- Layman, D. K., Evans, E., Baum, J. I., Seyler, J., Erickson, D. J., & Boileau, R. A. (2005). Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *The Journal of nutrition*, 135(8), 1903-1910.
- Layman, D. K., & Walker, D. A. (2006). Potential importance of leucine in treatment of obesity and the metabolic syndrome. *J Nutr*, 136(1 Suppl), 319S-323S.
- Ledikwe, J. H., Blanck, H. M., Khan, L. K., Serdula, M. K., Seymour, J. D., Tohill, B. C., & Rolls, B. J. (2006). Low-energy-density diets are associated with high diet quality in adults in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(8), 1172-1180. doi: 10.1016/j.jada.2006.05.013
- Lee, R. D., & Nieman, D. C. (2010). *Nutritional assessment*. (5th<sup>e</sup> éd.). Dubuque, IA: McGraw-Hill.
- Leibel, R. L., Rosenbaum, M., & Hirsch, J. (1995). Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *The New England journal of medicine*, 332(10), 621-628. doi: 10.1056/NEJM199503093321001

- Leidy, H. J., Carnell, N. S., Mattes, R. D., & Campbell, W. W. (2007). Higher protein intake preserves lean mass and satiety with weight loss in pre-obese and obese women. *Obesity*, 15(2), 421-429. doi: 10.1038/oby.2007.531
- Lemieux, I., Pascot, A., Prud'homme, D., Almeras, N., Bogaty, P., Nadeau, A., . . . Despres, J. P. (2001). Elevated C-reactive protein: another component of the atherothrombotic profile of abdominal obesity. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 21(6), 961-967.
- Lewis, G. F., Carpentier, A., Adeli, K., & Giacca, A. (2002). Disordered fat storage and mobilization in the pathogenesis of insulin resistance and type 2 diabetes. *Endocrine reviews*, 23(2), 201-229.
- Ley, C. J., Lees, B., & Stevenson, J. C. (1992). Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution. *The American journal of clinical nutrition*, 55(5), 950-954.
- Lord, C., Chaput, J. P., Aubertin-Leheudre, M., Labonte, M., & Dionne, I. J. (2007). Dietary animal protein intake: association with muscle mass index in older women. *The journal of nutrition, health & aging*, 11(5), 383-387.
- Luscombe, N. D., Clifton, P. M., Noakes, M., Parker, B., & Wittert, G. (2002). Effects of energy-restricted diets containing increased protein on weight loss, resting energy expenditure, and the thermic effect of feeding in type 2 diabetes. *Diabetes care*, 25(4), 652-657.
- Maehlum, S., Grandmontagne, M., Newsholme, E. A., & Sejersted, O. M. (1986). Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism: clinical and experimental*, 35(5), 425-429.
- Malafarina, V., Uriz-Otano, F., Iniesta, R., Vallejo-Garcia, V., Conesa-Pla, A., Perez-Lazaro, A., & Gil-Guerrero, L. (2012). Risk factors for falls in elderly adults: not only pharmacological effects. *J Am Geriatr Soc*, 60(7), 1389-1390. doi: 10.1111/j.1532-5415.2012.04005.x
- Maltais, M. L., Desroches, J., & Dionne, I. J. (2009). Changes in muscle mass and strength after menopause. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 9(4), 186-197.
- Marieb, E. N. (2005). *Anatomie et physiologie humaines*. Paris: Pearson Education.
- Marques-Lopes, I., Ansorena, D., Astiasaran, I., Forga, L., & Martinez, J. A. (2001). Postprandial de novo lipogenesis and metabolic changes induced by a high-carbohydrate, low-fat meal in lean and overweight men. *Am J Clin Nutr*, 73(2), 253-261.
- Marzetti, E., Lawler, J. M., Hiona, A., Manini, T., Seo, A. Y., & Leeuwenburgh, C. (2008). Modulation of age-induced apoptotic signaling and cellular remodeling by exercise and calorie restriction in skeletal muscle. *Free Radic Biol Med*, 44(2), 160-168. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.028
- Matsuzawa, Y., Shimomura, I., Nakamura, T., Keno, Y., Kotani, K., & Tokunaga, K. (1995). Pathophysiology and pathogenesis of visceral fat obesity. *Obesity research*, 3 Suppl 2, 187S-194S.
- Meckling, K. A., & Sherfey, R. (2007). A randomized trial of a hypocaloric high-protein diet, with and without exercise, on weight loss, fitness, and markers of the Metabolic Syndrome in overweight and obese women. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 32(4), 743-752. doi: 10.1139/H07-059
- Menozi, R., Bondi, M., Baldini, A., Venneri, M. G., Velardo, A., & Del Rio, G. (2000). Resting metabolic rate, fat-free mass and catecholamine excretion during weight loss in female obese patients. *Br J Nutr*, 84(4), 515-520.
- Mojtahedi, M. C., Thorpe, M. P., Karampinos, D. C., Johnson, C. L., Layman, D. K., Georgiadis, J. G., & Evans, E. M. (2011). The effects of a higher protein intake during energy restriction on changes in body composition and physical function in older women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 66(11), 1218-1225. doi: 10.1093/gerona/qlr120

- Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., . . . Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*, 89(1), 161-168. doi: 10.3945/ajcn.2008.26401
- Morais, J. A., Chevalier, S., & Gougeon, R. (2006). Protein turnover and requirements in the healthy and frail elderly. *The journal of nutrition, health & aging*, 10(4), 272-283.
- Must, A., Spadano, J., Coakley, E. H., Field, A. E., Colditz, G., & Dietz, W. H. (1999). The disease burden associated with overweight and obesity. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 282(16), 1523-1529.
- Noakes, M., Keogh, J. B., Foster, P. R., & Clifton, P. M. (2005). Effect of an energy-restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high-carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women. *The American journal of clinical nutrition*, 81(6), 1298-1306.
- O'Connor, K., Senchal, M., Lancellotti, P., Dubois, M., Magne, J., Champagne, J., . . . O'Hara, G. (2010). Usefulness of cardiac resynchronisation therapy in patients with right bundle branch block: is viability an important piece of the puzzle? *Int J Cardiol*, 145(1), e17-20. doi: 10.1016/j.ijcard.2008.12.071
- Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. (2000). *World Health Organization technical report series*, 894, i-xii, 1-253.
- Oh, T. H., Byeon, J. S., Myung, S. J., Yang, S. K., Choi, K. S., Chung, J. W., . . . Kim, J. H. (2008). Visceral obesity as a risk factor for colorectal neoplasm. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 23(3), 411-417. doi: 10.1111/j.1440-1746.2007.05125.x
- OMS. (2012). Obésité et surpoids. Repéré à <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/>
- OMS. (2013). Obésité et surpoids, Que sont le surpoids et l'obésité? Repéré à <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/>
- Organisation mondiale de la santé (2003). *Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques*. Genève: Organisation mondiale de la santé.
- Paddon-Jones, D., & Rasmussen, B. B. (2009). Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 12(1), 86-90. doi: 10.1097/MCO.0b013e32831cef8b
- Paisey, R. B., Frost, J., Harvey, P., Paisey, A., Bower, L., Paisey, R. M., . . . Belka, I. (2002). Five year results of a prospective very low calorie diet or conventional weight loss programme in type 2 diabetes. *J Hum Nutr Diet*, 15(2), 121-127.
- Panotopoulos, G., Ruiz, J. C., Raison, J., Guy-Grand, B., & Basdevant, A. (1996). Menopause, fat and lean distribution in obese women. *Maturitas*, 25(1), 11-19.
- Pasiakos, S. M., Cao, J. J., Margolis, L. M., Sauter, E. R., Whigham, L. D., McClung, J. P., . . . Young, A. J. (2013). Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 27(9), 3837-3847. doi: 10.1096/fj.13-230227
- Pasquali, R., Casimirri, F., Cantobelli, S., Melchionda, N., Morselli Labate, A. M., Fabbri, R., . . . Bortoluzzi, L. (1991). Effect of obesity and body fat distribution on sex hormones and insulin in men. *Metabolism: clinical and experimental*, 40(1), 101-104.
- Piatti, P. M., Monti, F., Fermo, I., Baruffaldi, L., Nasser, R., Santambrogio, G., . . . Pozza, G. (1994). Hypocaloric high-protein diet improves glucose oxidation and spares lean body mass: comparison to hypocaloric high-carbohydrate diet. *Metabolism: clinical and experimental*, 43(12), 1481-1487.

- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *The American journal of physiology*, 271(6 Pt 1), E941-951.
- Popkin, B. M. (2001). The nutrition transition and obesity in the developing world. *The Journal of nutrition*, 131(3), 871S-873S.
- Prentice, A. M. (2006). The emerging epidemic of obesity in developing countries. *International journal of epidemiology*, 35(1), 93-99. doi: 10.1093/ije/dyi272
- Ramos de Marins, V. M., Varnier Almeida, R. M., Pereira, R. A., & Barros, M. B. (2001). Factors associated with overweight and central body fat in the city of Rio de Janeiro: results of a two-stage random sampling survey. *Public health*, 115(3), 236-242. doi: 10.1038/sj/ph/1900763
- Ravussin, E. (1995). Obesity in Britain. Rising trend may be due to "pathoenvironment". *BMJ*, 311(7019), 1569.
- Ravussin, E., Lillioja, S., Anderson, T. E., Christin, L., & Bogardus, C. (1986). Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest*, 78(6), 1568-1578. doi: 10.1172/JCI112749
- Ravussin, E., & Smith, S. R. (2002). Increased fat intake, impaired fat oxidation, and failure of fat cell proliferation result in ectopic fat storage, insulin resistance, and type 2 diabetes mellitus. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 967, 363-378.
- Rice, D. P., & LaPlante, M. P. (1992). Medical expenditures for disability and disabling comorbidity. *American journal of public health*, 82(5), 739-741.
- Rising, R., Harper, I. T., Fontvielle, A. M., Ferraro, R. T., Spraul, M., & Ravussin, E. (1994). Determinants of total daily energy expenditure: variability in physical activity. *Am J Clin Nutr*, 59(4), 800-804.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Abellan Van Kan, G., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., . . . Vellas, B. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *The journal of nutrition, health & aging*, 12(7), 433-450.
- Rolls, B. J., Drewnowski, A., & Ledikwe, J. H. (2005). Changing the energy density of the diet as a strategy for weight management. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(5 Suppl 1), S98-103. doi: 10.1016/j.jada.2005.02.033
- Rosano, G. M., Vitale, C., & Mercuro, G. (2006). The metabolic syndrome in women. *Womens Health (Lond Engl)*, 2(6), 889-898. doi: 10.2217/17455057.2.6.889
- Ross, R., Dagnone, D., Jones, P. J., Smith, H., Paddags, A., Hudson, R., & Janssen, I. (2000). Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*, 133(2), 92-103.
- Roubenoff, R., & Hughes, V. A. (2000). Sarcopenia: current concepts. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(12), M716-724.
- Rousset, S., Patureau Mirand, P., Brandolini, M., Martin, J. F., & Boirie, Y. (2003). Daily protein intakes and eating patterns in young and elderly French. *Br J Nutr*, 90(6), 1107-1115.
- Ryan, A. S. (2000). Insulin resistance with aging: effects of diet and exercise. *Sports medicine*, 30(5), 327-346.
- Saris, W. H. (2001). Very-low-calorie diets and sustained weight loss. *Obes Res*, 9 Suppl 4, 295S-301S. doi: 10.1038/oby.2001.134
- Schapira, D. V., Clark, R. A., Wolff, P. A., Jarrett, A. R., Kumar, N. B., & Aziz, N. M. (1994). Visceral obesity and breast cancer risk. *Cancer*, 74(2), 632-639.
- Schwartz, R. S. (1997). Sarcopenia and physical performance in old age: introduction. *Muscle & nerve. Supplement*, 5, S10-12.



- Senechal, M., Arguin, H., Bouchard, D. R., Carpentier, A. C., Ardilouze, J. L., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2010). Interindividual variations in resting metabolic rate during weight loss in obese postmenopausal women A pilot study. *Metabolism: clinical and experimental*, 59(4), 478-485. doi: 10.1016/j.metabol.2009.07.037
- Shuster, A., Patlas, M., Pinthus, J. H., & Mourtzakis, M. (2012). The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *The British journal of radiology*, 85(1009), 1-10. doi: 10.1259/bjr/38447238
- Skov, A. R., Toubro, S., Ronn, B., Holm, L., & Astrup, A. (1999). Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(5), 528-536.
- Soenen, S., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2008). Proteins and satiety: implications for weight management. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11(6), 747-751. doi: 10.1097/MCO.0b013e328311a8c4
- Sowers, M., Zheng, H., Tomey, K., Karvonen-Gutierrez, C., Jannausch, M., Li, X., . . . Symons, J. (2007). Changes in body composition in women over six years at midlife: ovarian and chronological aging. *J Clin Endocrinol Metab*, 92(3), 895-901. doi: 10.1210/jc.2006-1393
- Stiegler, P., & Cunliffe, A. (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports medicine*, 36(3), 239-262.
- Stock, M. J. (1999). Gluttony and thermogenesis revisited. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 23(11), 1105-1117.
- Svendsen, O. L., Hassager, C., & Christiansen, C. (1995a). Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism*, 44(3), 369-373.
- Svendsen, O. L., Hassager, C., & Christiansen, C. (1995b). Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism: clinical and experimental*, 44(3), 369-373.
- Taffe, J. R., & Dennerstein, L. (2002). Menstrual patterns leading to the final menstrual period. *Menopause*, 9(1), 32-40.
- Tang, J. E., & Phillips, S. M. (2009). Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 12(1), 66-71. doi: 10.1097/MCO.0b013e32831cef75
- Tappy, L. (1996). Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans. *Reproduction, nutrition, development*, 36(4), 391-397.
- Tataranni, P. A., Larson, D. E., Snitker, S., & Ravussin, E. (1995). Thermic effect of food in humans: methods and results from use of a respiratory chamber. *Am J Clin Nutr*, 61(5), 1013-1019.
- Thomas, D. R. (2007). Loss of skeletal muscle mass in aging: examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clinical nutrition*, 26(4), 389-399. doi: 10.1016/j.clnu.2007.03.008
- Thomas R, B. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning-3rd Edition* Human Kinetics.
- Thomson, R. L., Buckley, J. D., Noakes, M., Clifton, P. M., Norman, R. J., & Brinkworth, G. D. (2008). The effect of a hypocaloric diet with and without exercise training on body composition, cardiometabolic risk profile, and reproductive function in overweight and obese women with polycystic ovary syndrome. *J Clin Endocrinol Metab*, 93(9), 3373-3380. doi: 10.1210/jc.2008-0751

- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K., & Poehlman, E. T. (2000). Menopause-related changes in body fat distribution. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904, 502-506.
- Tremollieres, F. A., Pouilles, J. M., & Ribot, C. A. (1996). Relative influence of age and menopause on total and regional body composition changes in postmenopausal women. *American journal of obstetrics and gynecology*, 175(6), 1594-1600.
- Valenti, G., Denti, L., Maggio, M., Ceda, G., Volpato, S., Bandinelli, S., . . . Ferrucci, L. (2004). Effect of DHEAS on skeletal muscle over the life span: the InCHIANTI study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 59(5), 466-472.
- van Dale, D., & Saris, W. H. (1989). Repetitive weight loss and weight regain: effects on weight reduction, resting metabolic rate, and lipolytic activity before and after exercise and/or diet treatment. *Am J Clin Nutr*, 49(3), 409-416.
- Van Gaal, L. F., Mertens, I. L., & De Block, C. E. (2006). Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease. *Nature*, 444(7121), 875-880. doi: 10.1038/nature05487
- Vellas, B. J., Hunt, W. C., Romero, L. J., Koehler, K. M., Baumgartner, R. N., & Garry, P. J. (1997). Changes in nutritional status and patterns of morbidity among free-living elderly persons: a 10-year longitudinal study. *Nutrition*, 13(6), 515-519.
- Vikstedt, T., Suominen, M. H., Joki, A., Muurinen, S., Soini, H., & Pitkala, K. H. (2011). Nutritional status, energy, protein, and micronutrient intake of older service house residents. *J Am Med Dir Assoc*, 12(4), 302-307. doi: 10.1016/j.jamda.2010.12.098
- Villareal, D. T., Apovian, C. M., Kushner, R. F., & Klein, S. (2005a). Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obesity research*, 13(11), 1849-1863. doi: 10.1038/oby.2005.228
- Villareal, D. T., Apovian, C. M., Kushner, R. F., & Klein, S. (2005b). Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *The American journal of clinical nutrition*, 82(5), 923-934.
- Villareal, D. T., Banks, M., Siener, C., Sinacore, D. R., & Klein, S. (2004). Physical frailty and body composition in obese elderly men and women. *Obesity research*, 12(6), 913-920. doi: 10.1038/oby.2004.111
- Visscher, T. L., & Seidell, J. C. (2001). The public health impact of obesity. *Annual review of public health*, 22, 355-375. doi: 10.1146/annurev.publhealth.22.1.355
- von Hafe, P., Pina, F., Perez, A., Tavares, M., & Barros, H. (2004). Visceral fat accumulation as a risk factor for prostate cancer. *Obesity research*, 12(12), 1930-1935. doi: 10.1038/oby.2004.242
- Wadden, T. A., & Stunkard, A. J. (2002). *Handbook of obesity treatment*. New York: Guilford Press.
- Wakamatsu, J., Takabayashi, N., Ezoe, M., Hasegawa, T., Fujimura, T., Takahata, Y., . . . Nishimura, T. (2013). Postprandial thermic effect of chicken involves thyroid hormones and hepatic energy metabolism in rats. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 59(6), 516-525.
- Walston, J., Hadley, E. C., Ferrucci, L., Guralnik, J. M., Newman, A. B., Studenski, S. A., . . . Fried, L. P. (2006). Research agenda for frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults. *J Am Geriatr Soc*, 54(6), 991-1001. doi: 10.1111/j.1532-5415.2006.00745.x
- Wang, Y., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2005). Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men. *Am J Clin Nutr*, 81(3), 555-563.

- Weinsier, R. L., Nagy, T. R., Hunter, G. R., Darnell, B. E., Hensrud, D. D., & Weiss, H. L. (2000). Do adaptive changes in metabolic rate favor weight regain in weight-reduced individuals? An examination of the set-point theory. *Am J Clin Nutr*, 72(5), 1088-1094.
- Weir, J. B. (1990). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. 1949. *Nutrition*, 6(3), 213-221.
- Westerterp, K. R. (2004). Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab (Lond)*, 1(1), 5. doi: 10.1186/1743-7075-1-5
- Westerterp, K. R., Smeets, A., Lejeune, M. P., Wouters-Adriaens, M. P., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2008). Dietary fat oxidation as a function of body fat. *Am J Clin Nutr*, 87(1), 132-135.
- Westerterp, K. R., Wilson, S. A., & Rolland, V. (1999). Diet induced thermogenesis measured over 24h in a respiration chamber: effect of diet composition. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23(3), 287-292.
- Whitney, E. N., & Rolfes, S. R. (2008). *Understanding nutrition*. (11th<sup>e</sup> éd.). Belmont, CA: Thomson Higher Education.
- Whitney, E. N., & Rolfes, S. R. (2011). *Understanding Nutrition*. (12<sup>e</sup> éd.). Belmont, CA: Wadsworth.
- Wing, R. R., Matthews, K. A., Kuller, L. H., Meilahn, E. N., & Plantinga, P. L. (1991). Weight gain at the time of menopause. *Arch Intern Med*, 151(1), 97-102.
- Witt, K. A., & Bush, E. A. (2005). College athletes with an elevated body mass index often have a high upper arm muscle area, but not elevated triceps and subscapular skinfolds. *J Am Diet Assoc*, 105(4), 599-602. doi: 10.1016/j.jada.2005.01.008
- Wolfe, R. R., Miller, S. L., & Miller, K. B. (2008). Optimal protein intake in the elderly. *Clinical nutrition*, 27(5), 675-684. doi: 10.1016/j.clnu.2008.06.008
- Wolinsky, F. D., Callahan, C. M., Fitzgerald, J. F., & Johnson, R. J. (1992). The risk of nursing home placement and subsequent death among older adults. *Journal of gerontology*, 47(4), S173-182.
- Wu, C. H., Yao, W. J., Lu, F. H., Yang, Y. C., Wu, J. S., & Chang, C. J. (2001). Sex differences of body fat distribution and cardiovascular dysmetabolic factors in old age. *Age and ageing*, 30(4), 331-336.
- Wycherley, T. P., Moran, L. J., Clifton, P. M., Noakes, M., & Brinkworth, G. D. (2012). Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*, 96(6), 1281-1298. doi: 10.3945/ajcn.112.044321
- Wycherley, T. P., Noakes, M., Clifton, P. M., Cleanthous, X., Keogh, J. B., & Brinkworth, G. D. (2010). A high-protein diet with resistance exercise training improves weight loss and body composition in overweight and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 33(5), 969-976. doi: 10.2337/dc09-1974
- Yarasheski, K. E., Pak-Loduca, J., Hasten, D. L., Obert, K. A., Brown, M. B., & Sinacore, D. R. (1999). Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men  $\geq 76$  yr old. *Am J Physiol*, 277(1 Pt 1), E118-125.
- Zamboni, M., Armellini, F., Turcato, E., Todisco, P., Gallagher, D., Dalle Grave, R., . . . Bosello, O. (1997). Body fat distribution before and after weight gain in anorexia nervosa. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 21(1), 33-36.
- Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., & Di Francesco, V. (2008). Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases : NMCD*, 18(5), 388-395. doi: 10.1016/j.numecd.2007.10.002

## ANNEXE

### Annexe A. Études sur les diètes hypocaloriques contrôlées en protéines lors d'un programme de perte de poids sans ER sur la composition corporelle.

Études et Durée de l'intervention	Populations étudiées	Méthodes et Type de diète	Résultats Changement de perte de poids (PP)	Résultats Changement de MG	Résultats Changement de MM
(Layman et al., 2003) 10 semaines	Nombre de sujets : 24 Sexe : F Âge : 45-56 ans IMC : $30 \pm 1$ kg/m <sup>2</sup> (>26 kg/ m <sup>2</sup> )	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/j 16 % de l'apport quotidien <b>RP</b> : 1,5 g/kg/j 30% de l'apport quotidien	<b>FP</b> : $-6,96 \pm 1,36$ kg <b>RP</b> : $-7,53 \pm 1,44$ kg (p < 0,05)  La PP n'est pas significative entre les groupes RP et FP.	<b>FP</b> : $-4,74 \pm 0,65$ kg 12,2% de la MG initiale <b>RP</b> : $-5,60 \pm 0,52$ kg 14,4% de la MG initiale  La perte de poids provient majoritairement de la MG	<b>MM totale</b> <b>FP</b> : $-1,21 \pm 0,58$ kg <b>RP</b> : $0,88 \pm 0,33$ kg (p = 0,07) La perte de MM tendait à être plus grande dans le groupe CHO, mais pas significatif avec un p= 0,07 <b>Ratio MG/MM</b> <b>FP</b> : $6,36 \pm 0,85$ <b>RP</b> : $3,92 \pm 0,79$ (p = 0,05) Selon le ratio MG/MM perdue, ces données démontrent que la diète RP à un % de MG perdue plus grand et une quantité de MM retenue plus élevée.
(Gordon et al., 2008) 20 semaines	Nombre de sujets: 24 Sexe : F Âge : $58 \pm 6,6$ ans (50-70 ans) IMC : $33 \pm 3,6$ kg/m <sup>2</sup> (25-40 kg/m <sup>2</sup> ) Post-ménopausées	<b>FP</b> : 0,5-0,7g/kg/j 15% de l'apport quotidien  <b>RP</b> :1,2-1,5 g/kg/j 30% de l'apport quotidien	<b>PP totale</b> <b>FP</b> : $-11,2 \pm 3,8$ kg <b>RP</b> : $-8,4 \pm 4,5$ kg (P = 0,12)  <b>PP en %</b> <b>FP</b> : $-10,5\% \pm 3,3\%$ <b>RP</b> : $-9,7\% \pm 4,7\%$ (p = NS) La PP corporel n'était pas significativement plus grande dans l'un des deux groupes. P = 0,12	<b>FP</b> : $-6,3 \pm 3,0$ kg <b>RP</b> : $-7,0 \pm 3,0$ kg La quantité de MG perdue était similaire entre les groupes. (p = 0,55).	<b>MM totale</b> FP: $-4,1 \pm 2,0$ kg RP: $-2,3 \pm 1,4$ kg (p< 0,05) Perte de MM signficative entre les deux diètes. <b>MM appendiculaire</b> FP: $-2,1 \pm 1,8$ kg RP: $-1,1 \pm 0,7$ kg, (p < 0,05) Le groupe FP a perdu approx. le double de la valeur absolue de la quantité total de MM et de MM appendiculaire <b>Perte en %</b> FP: $37,7\% \pm 14,6\%$ RP: $17,3\% \pm 27,8\%$ (p = 0,03)Perte de MM relative est significativement différente entre les deux diètes.

					Perte relative de M.M dans le groupe HI PROT était drastiquement moindre que celui du groupe LO PROT.
(Noakes et al., 2005) 12 semaines	Nombre de sujets : 100 Sexe : F Âge : 49±9 ans (20-65 ans) IMC : 32 ±6 kg/m <sup>2</sup> (27-40 kg/m <sup>2</sup> ) <i>Femmes Obèses</i>	<b>FP</b> : 0,64 g/kg/j <b>RP</b> : 0,88 g/kg/j	<b>FP</b> :-6,9± 0,5 kg <b>RP</b> :-7,6 ± 0,4 kg (P = 0,29) Pas de différence significative entre les groupes pour la PP.	<b>MG totale</b> <b>FP</b> :-4,5 ± 0,5 kg <b>RP</b> :-5,7 ± 0,6 kg Pas d'effets significatifs de la diète. <b>MM (Midriff fat)</b> <b>FP</b> :-0,7 ± 0,1 kg <b>RP</b> :-0,9 ± 0,1 kg (P = 0,03)	<b>MM totale</b> HC :-1,8 ± 0,3 kg HP :-1,5 ± 0,3 kg Pas d'effet significatif de la diète. <b>MM (Midriff lean fat)</b> <b>FP</b> :-0,2 ± 0,1 kg <b>RP</b> :-0,2 ± 0,1 kg
(Leidy et al., 2007) 12 semaines	Nombre de sujets : 46 Sexe : F Âge : 50±2 ans (28-80 ans) IMC : 30,6±0,5 kg/m <sup>2</sup> (26-37 kg/m <sup>2</sup> ) Groupe pré-obèse(POB) :26-29.9 kg/m <sup>2</sup> Groupe obèse (OB) : 30-37 kg/m <sup>2</sup>	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/j en 18% ACQ <b>RP</b> : 1,4 g/kg/j 30% ACQ	Pas de différence significative entre les groupes pour la PP. (P = 0,148) Tous les groupes ont subi une perte de MG significative à ( P < 0,001).	Pas de différence significative entre les groupes pour la MG. (P = 0,977)	<b>FP</b> : -2,8 ± 0,5 kg <b>RP</b> :-1,5 ± 0,3 kg (p < 0,05)  Pour une PP comparable, la perte de MM était moindre dans le groupe HP vs. FP. <b>POB</b> :-1,2 ± 0,3 kg <b>OB</b> :-2,9 ± 0,4 kg (p < 0,005) <b>OB-FP</b> :-3,6 ± 0,6 kg Perte de MM la plus importante <b>OB-RP</b> :-2,1 ± 0,4 kg 2 <sup>ième</sup> perte de MM la plus imp <b>POB-FP</b> :-1,7± 0,5 kg 3 <sup>ième</sup> perte de MM la plus importante <b>POB-RP</b> :-0,7 ± 0,3 kg Meilleure rétention de la MM
(Farnsworth et al., 2003) 16 semaines	Nombre de sujets : 66 Sexe : H+F Âge : 20-65 ans IMC : 27-43 kg/m <sup>2</sup>	<b>FP</b> : 60g / j, 15% de l'apport quotidien <b>RP</b> : 110g / j 30% de l'apport quotidien	<b>PP moyenne</b> -7,9 ± 0,5 kg (P < 0,0001) La PP n'a pas été affectée par le type de diète.  <b>PP selon la diète</b> <b>FP</b> : -7,9± 0,6 kg <b>RP</b> : -7,8± 0,7 kg Le % de PP n'est pas significativement différent entre les hommes et les femmes. H : 9,7% F : 7,9%.	<b>MG moyenne</b> -6,9± 0,4 kg (P < 0,0001) La perte de M.G pas affecté par le type de diète.  <b>FP Homme</b> : -7,6± 3,3 kg <b>FP Femme</b> :-7,1 ± 2,0 kg <b>RP Homme</b> :-9,0 ± 2,7 kg <b>RP Femme</b> :-6,6 ± 1,4 kg Différence de perte de MG entre les hommes et les femmes mais pas significative. Perte de 3,1 ± 0,2 kg (P < 0,0001) de M.G abdominal chez les hommes sans effet de la diète.	<b>MM Totale</b> Pas d'effet de la diète sur la réduction de la MM. <b>FP Femme</b> : -1,5 ± 0,3 kg <b>RP Femme</b> :-0,1 ± 0,3 kg (P = 0,02) Après avoir corrigé pour la MM au départ, chez les femmes la MM est significativement mieux préservée avec la diète <b>RP</b> .
(Evans et al., 2012) 12 mois	Nombre de sujets : 130 Sexe : H+F	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/ j 15% de l'A.Q	<b>PP Selon le sexe</b> H:-11,2 ± 7,1 %,	<b>% de perte de MG selon le sexe</b> H:-18,0 ± 12,8 %	Pas d'effet de la diète sur la MM totale et la MM appendiculaire.

4 mois de PP	Âge : 40-56 ans IMC : 32±0,5 kg/m <sup>2</sup> (< 26 kg/m <sup>2</sup> )	<b>RP</b> : 1,6 g/kg/j 30% de l'A.Q	F:-9,9 ± 6,0 % <b>PP selon la diète</b> <b>FP</b> :-10,1 ± 6,2 % <b>RP</b> :-10,7 ± 6,8 %, Sans interaction de la diète ou du genre en comparaison avec le début d'intervention le % de PP était similaire après 12 mois.	F:-7,3 ± 8,1 % (p < 0,05) Le % de MG était significativement influence par le sexe. <b>% de perte de MG selon le groupe</b> FP:-9,3 ± 11,1 % RP:-14,3 ± 11,8 % (P < 0,05) Le % de MG était significativement influence par la diète.	
(Pasiakos et al., 2013) 1 mois	Nombre de sujets : 42 Sexe : H+F Âge : 21±1 ans IMC : 25±1 kg/m <sup>2</sup> (22-29 kg/m <sup>2</sup> )	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/ j (1x RDA) <b>RP</b> : 1,6 g/kg/ j (2 fois RDA) <b>Extra RP</b> : 2,4 g/kg/ (3xRDA)	<b>PP</b> <b>FP</b> :3,5± 0,3 kg <b>RP</b> :2,7± 0,2 kg <b>Extra RP</b> :3,3± 0,3 kg (P < 0,05)	<b>MG</b> Diminution du % de la MG indépendante de la diète (P < 0,05) % de changement similaire entre les groupes <b>FP</b> : 1,6± 0,2 % <b>RP</b> : 1,9 ± 0,3 % <b>Extra RP</b> : 1,9± 0,2 % Selon le % de MG totale, la perte de MG était plus élevé et significative à (P < 0,05) pour le groupe RP et Extra RP FP : 41,8 ± 5 %; 1,6 ± 0,2 kg RP : 70,1 % ± 7 %; 1,9 ± 0,3 kg Extra RP : 63,6 ± 5 % ; 1,9 ± 0,2 kg	<b>MM</b> <b>FP</b> : 2,3 ± 0,3kg <b>RP</b> : 0,8± 0,2 kg <b>Extra RP</b> : 1,2 ± 0,3 kg Perte de MM plus faible pour RP et ERP.
(Bopp et al., 2008) 20 semaines	Nombre de sujets : 70 Sexe : F Âge : 50-70 ans IMC : 33.0 ±3,6 kg/m <sup>2</sup> Post-ménopausées	<b>Groupe DIET (diète seulement)</b> 15% à 20% de l'apport quotidien en protéines 2 800 kcals de déficit énergétique/ semaine <b>Groupe LOEX</b> (diète + activité aérobie faible intensité) <b>Groupe HIEX</b> (diète+ aérobie haute intensité) <i>Attention étude avec activité aérobie</i>	Pas de différence significative entre les groupes pour la PP.	Pas de différence statistique pour les changements de composition corporelle entre les groupes.	Pas de différence pour les changements de composition corporelle entre les groupes. Les groupes ont donc été combinés pour l'analyse de la consommation de protéines. La relation entre la consommation de protéines et la perte de MM est significative. <b>MM</b> : r=0,91 <b>MMA</b> : r=0,51 (P < 0,01)

## Annexe B. Études sur les diètes hypocaloriques contrôlées en protéines lors d'un programme de perte de poids combinées à un ER ou autre sur la composition corporelle

Études Durée de l'intervention	Population	Type de diète et d'entraînement	Résultats Changement de perte de poids (PP)	Résultats Changement de MG	Résultats Changement de MM
(Mojtahedi et al., 2011) 6 mois	Nombre de sujets : 31 Sexe : F Âge : 65 ± 4,6 ans IMC : 33,7 ± 4,9 kg/m <sup>2</sup>	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/j 18 % ACQ Supplément : 50g jour de maltodextrine  <b>RP</b> : 0,8 g/kg/j 30 % ACQ Supplément : 50g par jour, contenant 45 g d'isolat de lactosérum <b>Activités physiques</b> Pas de groupe contrôle sans ER. Présence exigé de 2-3 par semaine composé de 20 minutes d'exercice de flexibilité et de 20-30 minutes de marche à intensité faible à modéré sur un circuit intérieur pour les deux groupes.	<b>% de changement</b> <b>FP</b> : -4,1% ± 3,6 % <b>RP</b> : -8,0% ± 6,2 % (p = 0,059)  PP plus important dans le groupe RP comparativement à FP.	N/D	% de changement du LST (Lean Soft Tissue) <b>FP</b> : 1,3 ± 3,1% <b>RP</b> : 4,2 ± 5,0% (p = 0,209)  Perte de MMT plus grande dans le groupe RP en raison d'une plus grande PP pour ce groupe.
(Wycherley et al., 2010) 16 semaines	Nombre de sujets : 83 Sexe : H+F Âge : 56,1 ± 7,5 ans IMC : 35,4 ± 4,6 kg/m <sup>2</sup>	<b>FP</b> : ±0,7 g/kg/j 19% de l'apport quotidien <b>RP</b> : ±1,2 g/kg/j 33% de l'apport quotidien <b>ER</b> Programme d'ER progressif à raison de 3 jours/semaine.	<b>FP</b> : -8,6 ± 4,6 kg <b>RP</b> : -9,0 ± 4,8 kg, <b>FP+ER</b> : -10,5 ± 5,1 kg, <b>RP+ER</b> : -13,8 ± 6,0 kg (p < 0,001)  La PP n'est pas différente entre les deux types de diètes (P = 0,18).  Effet de groupe significatif pour la PP (P ≤ 0,04). Les groupes avec ER ont perdu plus de poids que les groupes avec diète seulement. Diète+ER : -12,0 ± 5,7 kg Diète seule : -8,8 ± 4,6 kg (P = 0,02)	<b>Perte de MG</b> <b>FP</b> : -6,5 ± 3,7 kg, <b>RP</b> : -7,1 ± 4,0 kg, <b>FP+ER</b> : -8,1 ± 3,8 kg, <b>RP+ER</b> : -11,4 ± 3,9 kg  De façon globale les groupes avec diète + ER on réduit d'avantage leur MG.  Diète + ER : -9,6 ± 4,1 kg Diète seulement : -6,7 ± 3,8 kg (P < 0,01)	<b>Masse maigre</b> <b>FP</b> : -2,2 ± 1,9 kg, <b>RP</b> : -1,9 ± 1,5 kg, <b>FP+ER</b> : -2,4 ± 2,5 kg, <b>RP+ER</b> : -2,4 ± 3,1 kg  Il y a eu une réduction globale au niveau de la MM (P = 0,001) par contre pas d'effet de traitement de groupe (P = 0,91), pas d'effet de la diète (P = 0,80) et pas d'effet entraîné par l'ER (P = 0,51).
(Layman et al., 2005) 16 semaines	Nombre de sujets : 48 Sexe : Âge : ±46 ans (40-56 ans) IMC : = 33 kg/m <sup>2</sup> (< 26 kg/m <sup>2</sup> )	<b>FP</b> : 0,8 g/kg/j <b>RP</b> : 1,6 g/kg/j <b>ER</b> : 30 minutes de marche 5 x/semaine + 2 x 30 min d'ER 12	PP <b>FP et FP+ER</b> : 7,3 ± 0,5 kg <b>RP et RP+ER</b> : -9,3 ± 0,8 kg Tous les groupes ont une PP significatives (P < 0,05).	MG <b>FP et FP+ER</b> : -53 ± 0,3 kg <b>RP et RP+ER</b> -7,3 ± 0,8 kg (P < 0,05)	MM Le changement de la MM reflétait un effet positif et significatif du programme d'ER (P < 0,001) et une tendance d'avoir des effets

		répétitions (Nautilus)	<p><b>FP</b> : La plus petite PP relative : 8,4 %.</p> <p><b>RP+EX</b> : La plus grande PP relative : 11,2%.</p> <p>L'ER n'affecte pas le changement de poids.</p>	<p>Effet significatif de la diète.</p> <p><b>FP+ER et FP+ER</b> : <math>-7,2 \pm 0,7</math> kg</p> <p><b>FP et RP</b> : <math>-5,3 \pm 0,3</math> kg (<math>P &lt; 0,05</math>)</p> <p>Effet significatif de l'ER.</p> <p>Effet indépendant et additif de la diète et de l'ER.</p> <p>PP majoritairement de M.G.</p>	<p>bénéfiques de la diète RP (<math>P = 0,10</math>)</p> <p><b>RP+ER</b> : <math>-0,9\%</math>; <math>P = 0,39</math></p> <p>Pas de changement significatif de la MM pour ce groupe.</p> <p><b>FP</b> : <math>-5,4\%</math>; <math>P \leq 0,001</math></p> <p>Le groupe FP est le groupe ayant subi la plus grande perte de MM, comparativement aux 3 autres groupes.</p>
(Meckling & Sherfey, 2007) 12 semaines	<p>Nombre de sujets : 60</p> <p>Sexe : F</p> <p>Âge : 41 ans (20-62 ans)</p> <p>IMC : <math>\pm</math> kg/m<sup>2</sup> (25-30 kg/m<sup>2</sup>)</p> <p>Pré-ménopausée</p>	<p><b>FP</b> : 1 g de protéines pour 3g de glucides</p> <p>Déficit de -500 kcals.</p> <p><b>RP</b> : 1 g de protéines pour 1g de glucides</p> <p>Déficit de -500 kcals.</p> <p><b>ER</b> : Entraînement en circuit (36 min) supervisé 3 jr/semaine.</p> <p>Programme d'entraînement selon leur test du 1RM</p>	<p>PP</p> <p><b>FP</b> : -2,1 kg</p> <p><b>RP</b> : -4,6 kg,</p> <p><b>FP + ER</b> : -4,0 kg</p> <p><b>RP + ER</b> : -7,0 kg</p> <p>Différence de PP entre les groupes était significative (<math>p &lt; 0,05</math>).</p> <p>Effet significatif de la diète et de l'ER sur la PP. Pas d'interaction significative entre les deux.</p>	<p>MG</p> <p>Perte de MG significatives pour tous les groupes d'interventions sans identifier si cette perte était le résultat de la diète ou de l'ER ou encore la combinaison des deux.</p>	<p>MM</p> <p>Pas de perte de MM observé dans tous les groupes.</p>



